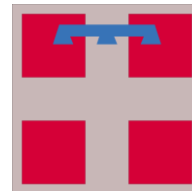




**REGIONE PIEMONTE
PROVINCIA DEL V.C.O.
COMUNE DI OGGEBBIO**



**PROPOSTA DI RIDEFINIZIONE DELLE AREE DI SALVAGUARDIA
DELLE SORGENTI “FONTANA QUADRA”, “MURETTO ALTA” E
“MURETTO BASSA”**

STUDIO IDROGEOLOGICO ED AMBIENTALE

(D.Lgs. n. 152/2006 - D.P.G.R. n. 15/R 11.12.2006)

	RELAZIONE IDROGEOLOGICA	
--	--------------------------------	--

Data: maggio 2017

COMMITTENTE: Comuni Riuniti V.C.O. Srl
Piazza Enrico Bianchetti, 6
28877 ORNAVASSO (VB)

IL TECNICO
dott. geol. F. D’Elia

STUDIO GEOLOGICO D’ELIA

Via Roma, 3/A - 28802 Mergozzo (VB) tel. e fax 0323/80206 e-mail geodeliaf@gmail.com

SOMMARIO

1. PREMESSA.....	1
2. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO, GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO REGIONALE 4	4
2.1. Inquadramento geografico e cartografico.....	4
2.2. Inquadramento geologico	4
2.3. Inquadramento Morfologico ed Evoluzione Quaternaria	6
3. SITUAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA ED IDROGEOLOGICA LOCALE	8
3.1. Caratteristiche dei bottini di presa	9
4. CONSIDERAZIONI SULL'ASSETTO STRUTTURALE DEL SUBSTRATO ROCCIOSO ...	11
4.1. Sorgente "Fontana Quadra"	11
4.2. Sorgenti "Muretto"	13
5. PARAMETRI FISICI DELLE SORGENTI.....	15
6. PLUVIOMETRIA DELL'AREA IN ESAME.....	19
7. RIDEFINIZIONE DELLE AREE DI SALVAGUARDIA DELLE SORGENTI.....	23
7.1 Metodologia utilizzata	23
7.2 Zona di Tutela Assoluta (ZTA) comma 3. art. 94 D. Lgs. 152/2006.....	25
7.3 Zona di Rispetto (ZR) comma 4. art. 94 D. Lgs. 152/2006.....	25
7.4 Zona di protezione (ZP) comma 5. art. 94 D. Lgs. 152/2006	26
8. MONOGRAFIE DEI PUNTI DI CAPTAZIONE.....	27
8.1 Sorgente "FONTANA QUADRA"	27
Denominazione	27
8.2 Sorgente "MURETTO ALTA"	28
Denominazione	28
8.3 Sorgente "MURETTO BASSA"	28
Denominazione	28
8.4 Dimensioni della Zona di Tutela Assoluta e Zona di Rispetto delle sorgenti.....	29
9. UBICAZIONE DEI CENTRI DI PERICOLO	31
10. NOTE CONCLUSIVE.....	33

Allegati

- localizzazione sorgenti, in scala 1:10.000
- grafici relativi all'idrogramma sorgivo delle sorgenti *Fontana Quadra, Muretto Alta e Muretto Bassa*
- documentazione fotografica

Elaborati grafici

- Carta geologica , geomorfologica ed idrogeologica in scala 1: 5.000, con sezione geologica interpretativa (Tav. 1);
- Carta dei centri di potenziale pericolo, in scala 1: 5.000 (Tav. 2);
- Planimetria catastale aree di salvaguardia, in scala 1: 2.000 (Tav. 3a - 3b - 3c)

1. PREMESSA

Il Comune di Oggebbio, facente parte della COMUNI RIUNITI V.C.O. S.r.l, avendo la necessità di ridefinire l'estensione delle *aree di salvaguardia* delle sorgenti *Fontana Quadra, Muretto Alta e Muretto Bassa*, site nei pressi della S.P. 56, tra la loc. Manegra e Piancavallo, collegate alla rete idrica comunale, interpellava il Gestore del Servizio Idrico Integrato, Comuni Riuniti VCO, affinché conferisse incarico allo Studio Geologico D'Elia di Mergozzo, di effettuare tutte le indagine geologiche ed idrogeologiche necessarie a tale scopo, secondo i criteri stabiliti dalle norme attualmente vigenti.

L'attuale fascia di rispetto delle sorgenti è rappresentata da un'area circolare con raggio di 200 m, centrata su ciascuno dei bottini di presa; tale area di salvaguardia era stata identificata secondo i dettami dell'allora vigente D.P.R. 236/88 ed inserite nel vigente P.R.G. di Oggebbio.

La ridefinizione delle fasce di rispetto delle sorgenti in esame (Zona di Tutela Assoluta, Zona di Rispetto, Zona di Protezione) è stata svolta secondo i dettami della normativa vigente in materia di qualità delle acque potabili, costituita dal D.Lgs. n. 152/2006 "*Testo unico (Norme in materia ambientale)*", che ha aggiornato quanto riportato nel D.Lgs. 11-05-1999, n. 152 "*Disposizioni sulla tutela delle acque reflue urbane e della direttiva 91/271/CEE concernente il trattamento delle acque*", dalla L.R. n. 22 del 30-04-1996 "*Ricerca, uso e tutela delle acque sotterranee*", dal D.P.G.R. del 11-12-2006 n. 15/R con il quale viene adottato ed approvato il "*Regolamento Regionale recante: Disciplina delle aree di salvaguardia delle acque destinate al consumo umano (L.R. 29-12-2000 n. 61)*".

Più nello specifico, il Decreto Legislativo 152/2006, all'art. 94, ha ripreso quanto riportato all'art. 21 del D. Lgs. 11-05-1999, n. 152, con il quale erano state introdotte alcune sostanziali modifiche al D.P.R. 24-05-88, n. 236, aggiornandolo come qui di seguito riportato:

"Articolo 94 (disciplina delle aree di salvaguardia delle acque superficiali e sotterranee destinate al consumo umano)"

Comma 1: Su proposta delle Autorità d'Ambito, le Regioni, per mantenere e migliorare le caratteristiche qualitative delle acque superficiali e sotterranee destinate al consumo umano erogate a terzi mediante impianto di acquedotto che riveste carattere di pubblico interesse, nonché per la tutela dello stato delle risorse, individuano le aree di salvaguardia distinte in zone di tutela assoluta e zone di rispetto, nonché, all'interno dei bacini imbriferi e delle aree di ricarica della falda, le zone di protezione.

Comma 3: la Zona di Tutela Assoluta è costituita dall'area immediatamente circostante le captazioni o derivazioni; essa, in caso di acque sotterranee e, ove possibile, per le acque superficiali, deve avere una estensione di almeno dieci metri di raggio dal punto di captazione, deve essere adeguatamente protetta e adibita esclusivamente ad opere di captazione o presa e ad infrastrutture di servizio.

Comma 4: la Zona di Rispetto è costituita dalla porzione di territorio circostante la zona di tutela assoluta da sottoporre a vincoli e destinazioni d'uso tali da tutelare qualitativamente e quantitativamente la risorsa idrica captata e può essere suddivisa in zona di rispetto ristretta e zona di rispetto allargata, in

relazione alla tipologia dell'opera di presa o captazione e alla situazione locale di vulnerabilità e rischio della risorsa [...].

Comma 6: *in assenza dell'individuazione da parte della Regione della zona di rispetto ai sensi del comma 1, la medesima ha un'estensione di 200 metri di raggio rispetto al punto di captazione o di derivazione.*

Comma 7: *le zone di protezione devono essere delimitate secondo le indicazioni delle Regioni per assicurare la protezione del patrimonio idrico. In esse si possono adottare misure relative alla destinazione del territorio interessato, limitazioni e prescrizioni per gli insediamenti civili, produttivi, turistici, agro-forestali e zootecnici da inserirsi negli strumenti urbanistici comunali, provinciali, regionali, sia generali sia di settore.*

Comma 8: *le Regioni, al fine della protezione delle acque sotterranee, anche di quelle non ancora utilizzate per l'uso umano, individuano e disciplinano, all'interno delle zone di protezione, le seguenti aree:*

- a) aree di ricarica della falda;*
- b) emergenze naturali ed artificiali della falda;*
- c) zone di riserva.*

Per quanto concerne la Zona di Rispetto, il comma 1 dell'art. 5 del “*Regolamento Regionale recante: “Disciplina delle aree di salvaguardia delle acque destinate al consumo umano (L.R. 29-12-2000 n. 61)”* cita anche che “*la Zona di Rispetto è di norma distinta in Zona di Rispetto Ristretta e Zona di Rispetto Allargata*”, dimensionate sulla scorta delle risultanze degli studi e dei criteri di cui all'Allegato A del citato regolamento, in relazione alla vulnerabilità della risorsa captata.

Si è provveduto, pertanto, ad eseguire un'accurata indagine in sito, evidenziando i principali lineamenti idrogeologici che fanno capo alle sorgenti in questione ed alle rispettive zone di alimentazione.

A tale scopo, sono stati eseguiti numerosi sopralluoghi, che hanno interessato, tanto il settore in cui sono ubicate le sorgenti di interesse, quanto le aree limitrofe, poste in un intorno significativo, durante i quali sono stati rilevati i lineamenti geologici e geomorfologici salienti dell'area investigata; in corrispondenza degli affioramenti rocciosi osservati, sono stati effettuati rilievi di carattere strutturale, in modo da definire le caratteristiche giaciture ed i caratteri dei diversi sistemi di discontinuità del substrato roccioso, con particolare riferimento alla definizione dell'assetto idrogeologico locale ed ai meccanismi di alimentazione delle acque sorgive.

Successivamente, si è proceduto all'individuazione di eventuali centri di pericolo in rapporto all'uso idropotabile delle acque captate, estendendo le osservazioni ad un'area circolare di raggio 1 km, con centro nei punti di captazione, e, per un lungo periodo, sono state condotte misure relative alla portata ed ai parametri fisici delle acque sorgive (temperatura e conducibilità a 20° C).

Attraverso le osservazioni ed i rilievi e misurazioni svolte in campagna, e sulla base dell'elaborazione dei dati raccolti e rilevati, sono state infine individuate le aree di salvaguardia delle tre captazioni oggetto di studio.

A tal fine, come indicato anche dal citato “*Regolamento Regionale recante: Disciplina delle aree di salvaguardia delle acque destinate al consumo umano (L.R. 29-12-2000 n. 61)”* contenuto nel D.P.G.R.

del 11-12-2006 n. 15/R, è stato applicato il metodo proposto da M.Civita¹, che costituisce un tipo di approccio attuabile qualora siano noti una serie di aspetti di tipo qualitativo e quantitativo, relativi alle sorgenti di interesse, quali l'assetto idrogeologico locale, la direzione media di flusso della circolazione idrica, i possibili rapporti di interferenza tra acque superficiali e sotterranee, nonché l'idrogramma sorgivo ricostruito attraverso l'esecuzione di una serie di misure di portata delle sorgenti in esame.

Le presenti note, che costituiscono la sintesi esplicativa di quanto emerso dai sopralluoghi e rilievi esperiti in sito, nonché dalle misure di portata stagionali, e dalle successive elaborazioni e determinazioni, sono state così articolate:

- inquadramento geologico regionale;
- situazione geologica, geomorfologica ed idrogeologica locale ed analisi sistema di fratture nel substrato;
- caratteristiche delle sorgenti in esame e misura dei parametri fisici;
- cenni sulla pluviometria dell'area in esame;
- definizione delle aree di tutela assoluta e di rispetto delle sorgenti *Fontana Quadra, Muretto Alta e Muretto Bassa*;
- definizione dell'area di protezione;
- monografie dei punti di captazione e individuazione dei centri di pericolo;
- note conclusive.

Il presente studio si compone, inoltre, dei seguenti elaborati grafici:

- grafici relativi all'idrogramma sorgivo delle sorgenti *Fontana Quadra, Muretto Alta e Muretto Bassa*;
- documentazione fotografica;
- localizzazione sorgenti, in scala 1:10.000
- carta geologica, geomorfologica ed idrogeologica in scala 1: 5.000, con sezione geologica interpretativa (Tav. 1);
- carta dei centri di potenziale pericolo, in scala 1: 5.000 (Tav. 2);
- planimetria catastale delle aree di salvaguardia, in scala 1: 2.000 (Tavv. 3a-3b-3c).

¹ "Una metodologia per la definizione e il dimensionamento delle aree di salvaguardia delle opere di presa e delle sorgenti normali" – Estratto dal Bollettino dell'Associazione Mineraria Subalpina Anno XXV, n. 4, dicembre 1988.

2. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO, GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO REGIONALE

2.1. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO E CARTOGRAFICO

Le opere di captazione oggetto della presente indagine sono localizzate nel settore occidentale del territorio del Comune di Oggebbio, tra la loc. Manegra e Piancavallo, in adiacenza alla S.P. 56 (*Fontana Quadra*) o poco a valle di questa (*Muretto*).

Le coordinate *UTM – WGS84* (32T) e le quote delle captazioni in esame risultano le seguenti:

Fontana Quadra	E 470164	N 5093880			1027 m s.l.m.
Muretto Alta (due bottini)	E 470171	N 5093671	E 470170	N 5093660	915 m s.l.m.
Muretto Bassa	E 470182	N 5093620			909 m s.l.m.

Dal punto di vista cartografico, tali opere sono ubicate nella Carta Tecnica Regionale alla Sezione n. 73040 ("Ghiffa"), così come rappresentato nell'elaborato *Localizzazione sorgenti*, in scala 1:10.000, proposto in allegato.

Le opere di captazione risultano censite nella Mappa Catastale di Oggebbio:

Fontana Quadra	Fg. 2, mapp. 12
Muretto Alta	Fg. 2, mapp. 10
Muretto Bassa	Fg. 20, mapp. 16

2.2. INQUADRAMENTO GEOLOGICO

Nella cartografia geologica ufficiale, l'area in esame è illustrata al foglio n°31 "Varese" nella Carta Geologica d'Italia, in scala 1: 100.000.

La regione alpina, nel cui ambito ricade l'areale in esame, è stata caratterizzata da condizioni di elevata mobilità durante buona parte della sua storia geologica con alternanza di eventi geodinamici contrastanti.

In estrema sintesi, l'evoluzione pre-alpina è segnata dapprima da una lunga orogenesi paleozoica (450-300 Ma), riferita secondo le varie tesi ai cicli cadomiano, panafricano, caledoniano e varisico (ercinico), quindi da un periodo di distensione litosferica (290-150 Ma) che culmina nel rifting continentale e nell'espansione dei bacini oceanici della Tetide. Le condizioni convergenti riprendono nel Cretaceo con l'orogenesi alpina, comunemente suddivisa in tre stadi principali (eoalpino, mesoalpino e neoalpino).

Le Alpi hanno una struttura crostale a doppia vergenza, cioè sono formate da due catene a falde che si sono propagate in senso opposto; vengono distinte in una catena a vergenza europea, o catena alpina in senso stretto, costituita da una sequenza di sistemi tettonici traslati, a partire dal Cretaceo, verso l'avampese europeo (in media verso NW), ed un sistema tettonico meridionale che dal Neogene assume una prevalente vergenza africana (verso Sud), noto con il termine di Alpi Meridionali o Sudalpino.

La catena alpina a vergenza europea è suddivisa in alcuni elementi strutturali maggiori (sistemi tettonici) formati da gruppi di falde caratterizzate da una analoga storia cinematica o che rappresentano,

in accordo con le concezioni tradizionali, i resti di bacini mesozoici distinti, ubicati in specifici domini paleogeografici della Tetide. Con riferimento alla struttura attuale della pila delle falde si osservano, in successione dall'alto verso il basso e procedendo dalle zone interne della catena verso l'avampaese meso-europeo:

- i sistemi Austroalpini delle Alpi occidentali ed orientali;
- i sistemi tettonici della Zona Pennidica (superiori/interni, intermedi ed inferiori/esterni), dominanti nelle Alpi centro-occidentali, cui si associano, a vari livelli strutturali, alcune unità ofiolitiche mesozoiche di origine oceanica;
- il sistema Elvetico-Delfinese, molto esteso nel settore esterno delle Alpi occidentali e centrali, ridotto ad una fascia sottile e discontinua in quelle orientali;
- il bacino della molassa (avanfossa), prisma di sedimenti oligocenico-neogenici, in parte scagliato e traslato sotto il settore frontale del sistema Elvetico;
- le sottili falde di scollamento del Giura franco-svizzero.

Per quanto riguarda le Alpi Meridionali, il fondamentale contributo dei dati geofisici sul sottosuolo della pianura padana ne ha dimostrata la generale alloctonia e la natura di catena neogenica a falde di basamento e copertura sud-vergenti.

Il contatto tra le Alpi Meridionali e la catena a vergenza europea è tettonico: i due sistemi sono delimitati dal lineamento Periadriatico, sistema neogenico di fratture subverticali (a dominante carattere trascorrente) che si estende dalla linea del Canavese a quella del Tonale (Insubrica), della Pusteria, della Gailtal e delle Karawanken; in un breve tratto del settore nordoccidentale il lineamento si suddivide in due rami che delimitano la ristretta zona tettonica del Canavese, interposta tra Austroalpino e Sudalpino.

Le unità Sudalpine si estendono sino al sottosuolo della pianura padana; il loro sovrascorrimento frontale sull'avampaese neogenico padano-adriatico, privo a tratti di un'avanfossa significativa, si avvicina sensibilmente al fronte compressivo sepolto degli Appennini ed alla loro profonda avanfossa plio-quadernaria.

Nel tratto orientale, le deformazioni neogeniche delle Alpi Meridionali interferiscono con il sistema paleogenico delle Dinaridi, vergente a SW.

Le Alpi Meridionali sono costituite dalla Serie dei Laghi (suddivisa a sua volta negli Scisti dei Laghi e nella Zona Strona Ceneri) e dalla Zona Ivrea-Verbano; il contatto tra le due unità principali è di tipo tettonico (linee di Cossato-Mergozzo-Brissago e del Pogallo).

Il territorio comunale di Oggebbio ricade interamente nella Serie dei Laghi (Scisti dei Laghi), caratterizzata da micascisti e paragneiss a due miche e granato, con staurolite e cianite, di natura pelitica; tali litotipi costituiscono il basamento a metamorfismo varisico, entro cui sono inclusi corpi plutonici trasformati in ortogneiss (M. Morissolo, Pieggi, Quarcino) e gneiss granitoidi (M. Piancompra).

Il passaggio tra gli Scisti dei Laghi e la Zona Strona-Ceneri (gneiss minuti e paragneiss con intrusioni di ortogneiss) è segnato dalla presenza di una fascia di metabasiti (anfiboliti a orneblenda e plagioclasio e gneiss anfibolitici) localmente dislocata e raddoppiata da lineamenti tettonici.

Superata la linea del Pogallo (che disloca in trascorrenza la linea Cossato-Mergozzo-Brissago), si entra nella crosta inferiore della Zona Ivrea-Verbanò, la più classica ed estesa sezione di crosta continentale profonda delle Alpi, che comprende due principali unità litologiche di età diversa: il complesso kinzigitico, formato dall'associazione di metapeliti (tra cui prevalenti paragneiss a biotite, granato e sillimanite, detti kinzigiti, vari tipi di metabasiti ad affinità tholeiitica, marmi puri ed a silicati, ed il corpo basico permiano.

Le principali discontinuità tettoniche si sviluppano lungo due direzioni principali: ESE, come la maggior parte delle aste torrentizie del versante orientale ed ENE, come la direzione della scistosità regionale e di alcuni allineamenti morfologici (contropendenza della Colma della Nevia, Rio Erbia).

Al confine settentrionale del territorio comunale, lungo il Rio Valle di Bugnago (confine con Cannero) si trova il ramo occidentale della faglia inversa (sovrascorrimento) che interessa il M. Morissolo.

Si segnala che estese porzioni del substrato roccioso sono caratterizzate da una profonda alterazione (arenitizzazione) pre-glaciale (tardo Miocene-Pliocene), in settori nei quali non si è verificata l'erosione glaciale; in genere si tratta di versanti esposti a Sud, tra 700 e 1300 m s.l.m., solitamente in affioramenti gneissici (Premeno, M.te Morissolo, Piancompra).

2.3 INQUADRAMENTO MORFOLOGICO ED EVOLUZIONE QUATERNARIA

Il territorio in esame appare dominato dagli effetti dell'azione morfogenetica del grande apparato glaciale che, a più riprese nel Pleistocene, ha modellato la valle del Ticino, sovraescavando sistemi lacustri ed accumulando grandi sistemi morenici, cerchie allo sbocco nella Pianura Padana, morene laterali e di fondo sulle pendici montuose e nei fondovalle.

L'impronta glaciale determina le peculiarità delle forme vallive: lungo i fianchi montuosi le pareti sono interrotte a mezza costa da rotture di pendio se non, addirittura, da veri e propri terrazzi (spalle glaciali), prodotto dell'esarazione glaciale prima e del successivo accumulo di depositi morenici.

L'intervento antropico è diffuso in queste fasce di versante a minore acclività (spesso terrazzate per essere assoggettate ad un migliore e più razionale sfruttamento agricolo), sedi di piccoli nuclei abitati o di alpeggi per l'allevamento del bestiame.

All'azione morfogenetica glaciale ha fatto seguito quella legata alla dinamica torrentizia dei corsi d'acqua, caratterizzati, lungo le valli laterali, da intensa attività erosiva con approfondimento più o meno marcato delle incisioni (il classico profilo a "V") e parziale oblitterazione dei tratti morfologici di impronta glaciale.

In corrispondenza dello sbocco di molti corsi d'acqua nel bacino lacustre, si sono formate conoidi di deiezione (la maggior parte delle quali è situata parzialmente od interamente, al di sotto del livello lacustre).

Le conoidi di deiezione si formano per accumulo del materiale solido, eroso e trasportato dai torrenti nei tronchi montani; i materiali convogliati dalla corrente si depositano rapidamente allo sbocco delle valli, dove spesso si ha una forte diminuzione della pendenza dell'alveo e, conseguentemente, della capacità di trasporto del corso d'acqua.

Nel territorio comunale sono stati individuati i seguenti apparati conoidali (emersi): Rio Sengia/Rancone, Rio Ballone, Rio Val Maggia e Rio Valdora (al confine con il territorio comunale di Ghiffa).

Nell'ambito di queste strutture deposizionali si nota una classazione granulometrica in senso longitudinale: passando dai settori apicali a quelli distali, i depositi sono caratterizzati da una progressiva diminuzione nelle dimensioni dei ciottoli e nella granulometria della matrice.

Vanno infine ricordati i processi legati alla dinamica gravitativa dei versanti rocciosi, con crolli di porzioni lapidee e formazione di accumuli detritici grossolani; erosione e disgregazione dei versanti in roccia sono favorite, oltre che dalla presenza di famiglie di superfici strutturali che disarticolano gli ammassi, anche dai processi crioclastici.

Un antico accumulo di frana da crollo in roccia è presente sulle pendici della Cresta della Ceresa, nei pressi di Manegra.

3. SITUAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA ED IDROGEOLOGICA LOCALE

La sorgente *Fontana Quadra* è situata lungo il versante, immergente a Sud, che scende dall'estremità sud-occidentale della Cresta della Ceresa ed è ubicata a 1027 m s.l.m., lungo la S.P. 56, nella tratta Manegra - Piancavallo.

Alla distanza di circa 250 m dalla *Fontana Quadra*, in direzione Sud (con un dislivello negativo di poco più di 100 m), sono ubicate le altre due sorgenti in esame oggetto della presente indagine, anch'esse collegate alla rete acquedottistica; si tratta di tre punti di presa riconducibili ad un'unica sorgente denominata *Muretto Alta* (alla quota di 915 m s.l.m.), mentre la seconda sorgente, denominata *Muretto Bassa* (quota 909 m s.l.m.), dista dalla precedente circa 40 m, in direzione Est.

Le sorgenti *Muretto* sono ubicate in un versante ad acclività medio-bassa, immergente verso Sud-Ovest, con morfologia leggermente concava, trovandosi alla testata del Rio Cavigliolo, tributario secondario del Rio Fiumetta.

Litologicamente, nell'area in esame, il substrato roccioso è costituito da micascisti e paragneiss appartenenti agli *Scisti dei Laghi* che, in questa zona, si mostrano parzialmente alterati per arenizzazione.

Il substrato è ricoperto in maniera diffusa da depositi incoerenti essenzialmente di natura eluvio-colluviale, di spessore variabile, derivati dall'azione di alterazione chimico-fisica e dal disfacimento del substrato roccioso e costituiti da minuti frammenti lapidei immersi in matrice fine.

Nell'area in cui si situano i due bottini di presa della sorgente "Muretto Alta", il substrato roccioso è obliterato da una placca di copertura morenica, di estensione tale da non essere cartografata, ma di spessore abbastanza consistente (2 – 4 m).

Per quanto attiene all'idrologia superficiale, la Cresta della Ceresa è drenata, sul versante settentrionale dal Rio Erbia e su quello meridionale dai Rii Pianivio e Fiumetta; tutte queste aste, aventi carattere torrentizio, scorrono verso Ovest e confluiscono fra loro formando il T. Erbia, uno dei tributari del T. San Giovanni.

A valle delle sorgenti, le acque, sia sorgive che meteoriche, vengono intercettate dai Rii Cavigliolo e Leonardo, che confluiscono nel Rio Fiumetta.

I corsi d'acqua, a carattere torrentizio, imprimono la maggiore spinta al modellamento dei luoghi, con azioni prevalentemente erosive e di trasporto lungo i versanti, che si attivano in particolare in occasione degli eventi meteorici eccezionali.

Le acque superficiali, che non vengono intercettate direttamente dagli impluvi, tendono in parte a scorrere in superficie, andando ad imbibire e saturare i depositi di copertura, in parte infiltrandosi nelle coltri detritico-moreniche, costituendo una falda freatica che, defluendo lungo la linea di massima pendenza, viene a giorno laddove la superficie piezometrica (in particolare nelle zone di contatto

copertura-substrato) interseca la topografia, dando origine a sorgenti superficiali.

Per quanto riguarda gli aspetti più specificatamente idrogeologici, la filtrazione in sottoterraneo dell'acqua sorgiva avviene quasi interamente attraverso i sistemi di fratturazione del substrato roccioso (permeabilità secondaria).

Si tratta quindi di sorgenti di fessura, drenanti il substrato roccioso fratturato e caratterizzate da una permeabilità di tipo non matriciale, per cui le indagini in sito si sono concentrate sulle caratteristiche geostutturali degli ammassi rocciosi, in particolare lungo il versante immediatamente sovrastante le sorgenti.

I bottini di presa sono addossati ad un versante roccioso mediamente acclive, localmente coperto da una coltre detritica-glaciale ed eluvio-colluviale di spessore di ordine metrico e/o plurimetrico, con nel caso della sorgente Mureto Alta, il cui bottino di presa è dato da due "pozzi verticali", profondi circa 3.0 m.

Le opere di presa della Mureto Alta, oltrepassando detta copertura, raggiungono il substrato, dalle cui fratture fluisce l'acqua sorgiva.

3.1. CARATTERISTICHE DEI BOTTINI DI PRESA

FONTANA QUADRA

Il bottino di presa è costituito da un manufatto in c.a., dotato di sportello metallico con chiusura tramite lucchetto, addossato al versante, che in questa zona è caratterizzato da substrato roccioso coperto da un'esigua coltre eluvio-colluviale, colonizzata da vegetazione erbacea ed arbustiva; il manufatto di presa è approfondito fino ad intestarsi direttamente al substrato roccioso.

Esternamente il bottino è costituito da un parallelepipedo la cui parete anteriore è larga 1.4 m ed alta 1.35 m, più una soletta alta 10 cm; internamente il bottino ha una lunghezza di circa 1.60 m ed una larghezza di 0.85 m; lo sportello metallico ha una forma quadrata di lato 70 cm.

L'acqua di sorgente viene raccolta nell'unica vasca che costituisce il bottino di presa e che funge quindi da vasca di calma o di sedimentazione, assolvendo al compito di trattenere le piccole quantità di sabbia che l'acqua sorgiva può trasportare per trascinamento.

Dal suddetto manufatto parte la tubazione che porta l'acqua al serbatoio, ubicato all'esterno del tornante che si incontra scendendo lungo la S.P. n. 56 e che ospita anche la vasca di carico o di presa.

Sia il bottino di presa, che il serbatoio, sono recintati con rete metallica, con porta di accesso.

MURETO ALTA

I bottini di presa sono costituiti da due pozzetti verticali, distanziati fra loro di pochi metri, realizzati con tubi di cemento Ø 1.00 m, sovrapposti, appoggiati alla base a blocchetti prefabbricati di cls, che consentono la captazione dell'acqua sorgiva; i pozzetti hanno una profondità di 2.5-3.0 m ciascuno, i quali attraversano la placca di materiale morenico di copertura, la cui parte basale costituisce l'acquifero, e poggiano direttamente sul substrato roccioso fratturato.

L'acqua sorgiva captata è convogliata mediante un tubo (\varnothing 12 cm circa) nel manufatto in c.a. situato alcuni metri a valle del secondo bottino; il manufatto di raccolta è un parallelepipedo in c.a., dotato di sportello metallico con chiusura a lucchetto, internamente diviso in tre vasche divise da due setti/sfioratori.

La prima vasca è quella che funge da *vasca di calma o di sedimentazione*: assolve al compito di trattenere tutte le piccole quantità di sabbia che l'acqua può trasportare con sé.

La seconda è la *vasca di carico o di presa* e contiene l'innesto delle tubazioni costituenti le opere di adduzione.

La terza vasca, più bassa delle precedenti, ha per sfioratore il vano di accesso al bottino, con chiusura a sportello metallico.

L'acqua captata da questa sorgente, come pure quella captata dalla sorgente Muretto Bassa, viene convogliata, tramite tubazione, al serbatoio situato alcune decine di metri a valle.

MURETTO BASSA

Il bottino di presa è costituito da un manufatto in c.a., dotato di sportello metallico in acciaio inox, con chiusura a lucchetto, addossato al versante, che in questa zona è caratterizzato dal substrato roccioso affiorante, coperto da un'esigua copertura eluvio-colluviale, colonizzata da vegetazione erbacea; il manufatto di presa è impostato direttamente sul substrato roccioso.

Il bottino di presa è, internamente, diviso in due vasche divise da un setto/sfioratore in cls.

La prima vasca è quella che funge da *vasca di calma o di sedimentazione*; la seconda è la *vasca di carico o di presa* e contiene l'innesto con la tubazione che costituisce l'opera di adduzione.

Come detto in precedenza, l'acqua captata da questa sorgente viene convogliata, tramite tubazione, al serbatoio situato alcune decine di metri a valle.

4. CONSIDERAZIONI SULL'ASSETTO STRUTTURALE DEL SUBSTRATO ROCCIOSO

Nell'ambito del presente capitolo vengono individuate e commentate le caratteristiche geometriche ed i parametri che caratterizzano i diversi sistemi di discontinuità che interessano l'ammasso roccioso, in quanto i caratteri di geologia strutturale che connotano il substrato metamorfico nell'areale in esame, sono necessari allo sviluppo del modello idrogeologico.

Si sottolinea il fatto che, le sorgenti in esame ("Fontana Quadra", "Muretto Alto" e "Muretto Basso"), sono ravvicinate tra loro, sono tutte alimentate da circolazione d'acqua per fessurazione all'interno dell'ammasso roccioso e, dal punto di vista strutturale, il substrato lapideo presenta caratteristiche geostutturali correlabili tra i vari punti di indagine, come verrà di seguito dettagliato.

Nell'area in esame, l'ammasso roccioso è estesamente ricoperto da depositi di copertura di spessore modesto, ma dotati di buona permeabilità; le acque meteoriche, si infiltrano all'interno dei materiali incoerenti, quindi defluiscono al contatto con il substrato lapideo e penetrano nell'ammasso roccioso stesso, soprattutto in corrispondenza delle zone a maggiore disturbo tettonico, defluendo quindi lungo i vari sets di fratturazione in comunicazione fra loro.

Nel caso delle sorgenti captate, si può infatti riscontrare l'esistenza di una circolazione d'acqua per fessurazione, alimentata da acquiferi in roccia anche perenni.

In genere, nell'acquifero la circolazione sotterranea avviene lungo un reticolo di fratture e litoclasti intercomunicanti, alcuni dei quali si configurano come "barriere", determinando l'interruzione del flusso idrico sotterraneo e permettendo, in tal modo, la venuta a giorno delle acque sotterranee.

Di seguito, vengono analizzati in maggiore dettaglio, i meccanismi di infiltrazione e deflusso delle acque sotterranee, che contribuiscono a definire il modello idrogeologico dell'areale in esame, analizzando in dettaglio le aree delle diverse sorgenti.

4.1. SORGENTE "FONTANA QUADRA"

I punti dove sono stati raccolti i dati strutturali della Stazione relativa alla sorgente "Fontana Quadra", sono localizzati su taluni affioramenti rocciosi, situati lungo l'intaglio della Strada Manegra – Piancavallo (S.P. n. 56), non lontani dalla sorgente stessa (quota di 1025 m s.l.m.; coordinate UTM: Fuso 32T N 5093876, E 0470177)

L'ammasso roccioso, è costituito da micascisti a due miche e paragneiss, caratterizzati da alterazione piuttosto diffusa, tanto che, localmente, l'alterazione del substrato roccioso ha dato inizio ai cosiddetti processi di "arenizzazione" dell'ammasso lapideo, tanto che, spostandosi ad Est, ovverosia in prossimità del tornante stradale ove è ubicato il serbatoio di raccolta delle acque captate dalla suddetta sorgente, l'intaglio è stato contenuto con un muro in pietrame cementato, di diversi metri di altezza.

Vengono di seguito riassunte le caratteristiche strutturali principali dell'ammasso roccioso,

maggiormente significative ai fini della definizione dell'assetto idrogeologico:

	Sorgente "Fontana Quadra"
<i>Orientazione pendio</i>	Pendio 185/26
<i>Orientazioni discontinuità</i>	Sc 320/80 K1 40/80 K2 230/25
<i>Spaziatura</i>	Sc 5-50 cm K1 20-60 cm K2 50-100 cm
<i>Apertura</i>	La scistosità presenta in superficie aperture variabili tra 0 e 5 mm
<i>Persistenza</i>	Sc >90% K1 50-90% K2 50-90%

Riguardo al raffronto tra i suddetti dati geostrutturali, e i gli analoghi elementi rilevati lungo gli affioramenti rocciosi presenti presso le sorgenti "Muretto Alto" e "Muretto Basso", si può sin d'ora anticipare che, la giacitura media di Sc e K2 risulta perfettamente correlabile tra le varie sorgenti in esame e solo la famiglia di discontinuità K1, presenta valori con una maggiore variabilità nei dati (per ulteriori considerazioni in merito, si rimanda alla descrizione delle sorgenti Muretto).

In sintesi, in base alle osservazioni effettuate in sito, nonché sulla scorta delle caratteristiche dell'ammasso roccioso e della morfologia locale, si possono trarre le seguenti considerazioni:

- il substrato è caratterizzato da 3 sets di discontinuità persistenti e frequenti, oltre che da una serie di linee di fratturazione irregolari o di carattere locale, talvolta vicarianti delle fratture principali;
- l'ammasso appare caratterizzato da una fratturazione elevata e da una discreta alterazione della superficie della roccia;
- la lunghezza delle singole discontinuità è generalmente ridotta, ma la persistenza e la frequenza sono abbastanza elevate, dando origine a settori disarticolati, con una rete di fratture intercomunicanti fra loro, al cui interno si sviluppa il flusso idrico sotterraneo, secondo il seguente schema:
 - ✓ la direzione preferenziale di deflusso idrico sotterraneo, nella zona della sorgente, avviene in direzione Sud-Ovest, principalmente lungo le fratture appartenenti al sistema Sc, che costituiscono il cosiddetto collettore drenante;
 - ✓ le discontinuità K2, all'incirca parallele al pendio, costituiscono il "letto" su cui defluiscono le acque di infiltrazione all'interno dell'ammasso;
 - ✓ il sistema K1 funge da "barriera", favorendo la venuta a giorno dell'acqua di circolazione sotterranea;

4.2. SORGENTI “MURETTO”

Le sorgenti Muretto, sono costituite da due sorgenti ravvicinate tra loro, denominate “Muretto Alta” e “Muretto Bassa”, poste a valle del tracciato della Strada Manegra – Piancavallo (S.P. n. 56):

- la Sorgente Muretto Alta, è costituita da 2 punti di captazione distinti, ubicati alla quota di 940 m s.l.m.; coordinate UTM: Fuso 32T N 5093652, E 470140;
- la Sorgente Muretto Bassa, è costituita da una singola opera di captazione, ubicata alla quota di 935 m s.l.m.; coordinate UTM: Fuso 32T N 5093620, E 470185.

Per quanto attiene la Sorgente Muretto Alta, l'ammasso roccioso è estesamente ricoperto da depositi di copertura di spessore variabile, ma è stato possibile raccogliere i dati strutturali del substrato, in corrispondenza di due distinti affioramenti rocciosi, situati rispettivamente a valle della sorgente “Muretto Alta” ed a lato della sorgente “Muretto Bassa”.

E' importante far notare che, mentre per la sorgente “Muretto Bassa”, il substrato roccioso costituisce la parte preponderante dell'acquifero, nel caso della sorgente “Muretto Alta”, i due bottini (pozzi verticali) che la alimentano, sono stati realizzati nei depositi di copertura morenica, con le conseguenti differenze di comportamento tra le due sorgenti, evidenziate dai rispettivi idrogrammi sorgivi.

L'ammasso roccioso, è costituito da gneiss a orneblenda, con feldspati e biotite, scistosi, caratterizzati da alterazione limitata, in prossimità del passaggio (verso Nord) con i micascisti e paragneiss maggiormente alterati, precedentemente analizzati in corrispondenza della sorgente “Fontana Quadra”.

Le principali famiglie di discontinuità rilevate nell'ammasso roccioso hanno le seguenti caratteristiche (distinte tra le due sorgenti)

	Sorgente “Muretto Alta”	Sorgente “Muretto Bassa”
<i>Orientazione pendio</i>	200/30	
<i>Orientazioni discontinuità</i>	Sc 320/80 K1 220/75 K2 220/30	Sc 320/80 K1 40/65 K2 200/34
<i>Spaziatura</i>	Sc 5-20 cm K1 50-100 cm K2 50-100 cm	Sc 20-60 cm K1 40-100 cm K2 60-200 cm
<i>Apertura, lunghezza</i>	Sc e K2 presentano in genere aperture ridotte, mentre K1 può superare i 5 mm; la lunghezza delle varie discontinuità, è generalmente compresa tra 1.0÷5.0 m	
<i>Persistenza</i>	Sc >90% K1 50-90% K2 >90%	Sc 50-90% K1 50-90% K2 50%

Nella rappresentazione stereografica del rilievo strutturale delle due sorgenti “Muretto”, i dati relativi a Sc e K2 sono stati rappresentati come valore medio, mentre i valori di K1, sono stati distinti come K1a

(Muretto Alta) e K1b (Muretto Bassa).

Dal confronto tra le due sorgenti, si può notare come, pur nell'arco di poche decine di metri, l'ammasso roccioso osservato in corrispondenza della sorgente "Muretto Alta", sia meno disarticolato di quello presente presso la sorgente "Muretto Bassa"; per quanto attiene alle singole famiglie di discontinuità, si osserva come i valori di giacitura di Sc e K2, siano perfettamente raccordabili tra loro, mentre i dati della famiglia K1 presso la sorgente "Muretto Alta", si discostano (come immersione, ma non come direzione) da quelli misurati presso "Muretto Bassa" e "Fontana Quadra".

Questa rotazione nell'orientamento dell'immersione, peraltro osservata anche in altri punti del territorio comunale, non influenza in maniera significativa l'assetto idrogeologico dell'ammasso, in quanto le discontinuità K1, fungono comunque da "barriera" al deflusso delle acque lungo le linee di frattura dell'ammasso.

In sintesi, in base alle osservazioni effettuate in sito ed all'interno delle varie opere di presa delle sorgenti, nonché sulla scorta delle caratteristiche dell'ammasso roccioso e della morfologia locale, si possono trarre le seguenti valutazioni:

- il substrato è caratterizzato da 3 sets di discontinuità principali, con grado di persistenza variabile a livello locale;
 - l'ammasso appare caratterizzato da una fratturazione moderata e da una modesta alterazione della superficie della roccia;
 - il deflusso idrico sotterraneo, avviene sia all'interno dei materiali di copertura, al contatto con il substrato roccioso, sia all'interno dell'ammasso stesso, laddove la lunghezza, la persistenza e l'apertura delle singole discontinuità, danno origine a settori sufficientemente disarticolati, con fratture intercomunicanti fra loro, al cui interno si sviluppa il deflusso idrico sotterraneo, secondo il seguente schema (analogo a quanto rilevato per la Sorgente "Fontana Quadra"):
- ✓ il collettore drenante è dato dalle fratture appartenenti al sistema Sc, orientate all'incirca lungo la massima pendenza del pendio;
 - ✓ le discontinuità K2, all'incirca parallele al pendio, costituiscono il "letto" impermeabile, su cui defluiscono le acque di infiltrazione;
 - ✓ il sistema K1 funge da "barriera", favorendo la venuta a giorno dell'acqua di circolazione interna all'ammasso fratturato.

5. PARAMETRI FISICI DELLE SORGENTI

Come accennato in premessa, onde poter rilevare l'entità delle variazioni di portata e trarre utili indicazioni sui tempi di risposta, in relazione ad eventuali picchi pluviometrici, sono state eseguite periodiche misure di portata che hanno coperto un arco temporale di circa dodici mesi (da maggio 2016 ad aprile 2017), un lasso di tempo che costituisce un periodo significativo ai fini del presente studio; in questo lungo periodo di tempo, al fine di individuare le caratteristiche delle acque destinate al consumo umano e delle variazioni di portata, in funzione degli apporti meteorici, sono state effettuate, oltre alle misure di portata, anche misurazioni relative alla temperatura ed alla conducibilità dell'acqua.

Le suddette rilevazioni hanno permesso di accreditare lo schema idrogeologico proposto, per motivare la dinamica idraulica delle tre sorgenti, al fine di determinarne il grado di vulnerabilità e di ridefinirne le aree di salvaguardia, nonché di eseguire un confronto tra le tre scaturigini.

I dati registrati nel corso del presente studio idrogeologico vengono riportati, in modo schematico, nella tabella qui di seguito proposta; le numerose rilevazioni eseguite dei parametri di temperatura e conducibilità evidenziano modestissime variazioni.

Tab. 1a Fontana Quadra. Valori di portata, conducibilità e temperatura, sia dell'aria, sia delle acque sorgive, rilevati in corrispondenza della sorgente oggetto della presente indagine

Data	T aria (°C)	T acqua (°C)	Conducibilità a 20°C (µS/cm)	Portata (l/s)
03/05/2016	23.5	9.4	97	0.87
27/05/2016	20	9.7	93.6	0.96
27/06/2016	19.8	9.6	91	1.22
20/07/2016	36.5	9.8	100.3	0.51
02/08/2016	25.1	9.6	106.5	0.33
26/08/2016	23.4	9.5	102.7	0.16
22/09/2016	13.7	10.1	124.5	0.12
19/10/2016	13.4	9.9	98.3	0.06
11/11/2016	5.0	9.9	99.8	0.06
01/12/2016	9.0	9.7	80.2	1.07
04/01/2017	9.3	9.4	98.5	0.34
31/01/2017	4.2	9.5	99.5	0.15
23/02/2017	7.5	9.1	120.0	0.11
10/03/2017	11.2	9.3	105.5	0.13
23/03/2017	13.9	8.6	116.5	0.14
19/04/2017	19.6	9.0	105.8	0.33

Tab. 1b Muretto Alta. Valori di portata, conducibilità e temperatura, sia dell'aria, sia delle acque sorgive, rilevati in corrispondenza della sorgente oggetto della presente indagine

Data	T aria (°C)	T acqua (°C)	Conducibilità a 20°C (µS/cm)	Portata (l/s)
03/05/2016	21	10.3	74	2.6
27/05/2016	25	10.1	76.1	3.15
27/06/2016	19.8	10.4	76	4.4
20/07/2016	35.5	10.5	81	1.32
02/08/2016	22.8	10.6	83.4	0.82
26/08/2016	22.8	10.8	90.3	0.39
22/09/2016	13.7	10.9	90.4	0.15
19/10/2016	13.2	10.6	90.1	0.10
11/11/2016	5.2	10.6	89.9	0.2
01/12/2016	9.6	10.2	78.8	6.1
04/01/2017	9.3	10.1	85.6	1.08
31/01/2017	4.3	10.0	79.8	0.16
23/02/2017	7.1	10.0	80.4	0.02
10/03/2017	11.1	10.0	82.8	0.15
23/03/2017	13.7	10.0	81.1	0.23
19/04/2017	19.8	10.2	83.5	1.00

Tab. 1c Muretto Bassa. Valori di portata, conducibilità e temperatura, sia dell'aria, sia delle acque sorgive, rilevati in corrispondenza della sorgente oggetto della presente indagine

Data	T aria (°C)	T acqua (°C)	Conducibilità a 20°C (µS/cm)	Portata (l/s)
03/05/2016	21	9.7	68	0.93
27/05/2016	25	9.9	68.3	0.97
27/06/2016	19.8	10.6	71.5	2.54
20/07/2016	35.2	10.9	71.8	0.55
02/08/2016	22.8	10.9	66.3	0.42
26/08/2016	22.5	10.2	67.3	0.32
22/09/2016	13.7	10.9	69.1	0.22
19/10/2016	13.2	10.7	68.7	0.23
11/11/2016	5.2	10.0	69.4	0.22
01/12/2016	9.6	10.1	70.2	1.59
04/01/2017	9.3	9.1	73	0.54
31/01/2017	4.4	9.2	72	0.40
23/02/2017	8.7	9.0	71.8	0.25
10/03/2017	11.1	9.3	70.7	0.30
23/03/2017	13.7	9.6	72.3	0.38
19/04/2017	19.7	9.8	70.0	0.52

Dall'esame dei dati registrati, considerato il numero delle misure eseguite ed il congruo periodo di tempo in cui esse sono state rilevate, si possono trarre le seguenti indicazioni, sia di tipo qualitativo, che di tipo quantitativo, qui di seguito sintetizzate:

- i valori minimi di portata registrati indicano che tutte e tre le sorgenti possono essere ascritte al 6° ordine della scala di Meinzer (range di portata da 0.1 a 1 l/s); si ritiene tuttavia di poter affermare che tali valori possano, nel loro insieme, contribuire efficacemente al fabbisogno idrico dell'acquedotto comunale per la frazione Manegra;
- in relazione alla distribuzione dei picchi di portata delle sorgenti nei confronti dei più significativi eventi pluviometrici registrati nell'arco di tempo in esame, osservando gli idrogrammi sorgivi (*segmento ascendente*) è possibile dedurre come i tempi di risposta ai fenomeni meteorici risultino limitati a pochi giorni dai picchi di piovosità; ciò conferma che l'ammasso roccioso, costituente l'acquifero fratturato, risulta caratterizzato da un medio grado di permeabilità per fessurazione e sta ad indicare una rete di alimentazione "diretta", lungo la quale la circolazione idrica sotterranea avviene con buona efficacia;
- dopo che è stato raggiunto il valore massimo di portata, anche il *segmento discendente* e, soprattutto, la *curva di esaurimento* degli idrogrammi sorgivi delle sorgenti Fontana Quadra e Muretto Bassa, tendono a decrescere in modo analogo; questo aspetto conferma che le suddette sorgenti rispondono nella stessa maniera agli apporti di infiltrazione che si hanno nelle aree situate a monte delle stesse;
- nel caso della sorgente Muretto Alta, la *curva di esaurimento* dell'idrogramma sorgivo mostra una tendenza al veloce esaurimento dell'acquifero, fino all'azzeramento delle portate; questo comportamento si spiega con il fatto che il mezzo di trasmissione degli apporti idrici, a ridosso dei bottini di presa, è costituito dai depositi morenici (serbatoio limitato e stretta dipendenza rispetto agli apporti meteorici) e non dal substrato roccioso;
- analizzando i dati di temperatura, è possibile notare che, nonostante le ovvie variazioni stagionali di temperatura dell'aria, le temperature delle acque sorgive fanno registrare oscillazioni minime (generalmente inferiori a 1°C), attestandosi attorno ai 10°C; questo aspetto assume di per sé una valenza di particolare interesse, in quanto la scarsa influenza delle oscillazioni termiche esterne sulla temperatura dell'acqua sorgiva costituisce un indice della discreta estensione che il bacino di alimentazione delle scaturigini presenta; infatti, lo stato termico delle acque sorgive può giungere ad un livello posto ad una temperatura grosso modo costante solo nell'ipotesi in cui le acque di infiltrazione seguano percorsi sotterranei sufficientemente sviluppati e profondi;
- i valori medi di conducibilità, registrati presso tutte le sorgenti, dovuti al passaggio delle acque entro litoclasti e fratture del substrato litico, testimoniano un discreto arricchimento in sali minerali, disciolti in soluzione, nonostante i litotipi attraversati dalla risorsa idrica siano tendenzialmente "resistenti" ai processi chimici dissolutivi esercitati dalle acque; ciò conferma l'ipotesi secondo cui le acque sorgive emergono dopo aver compiuto un percorso sotterraneo sufficientemente lungo, avendo in tal modo la possibilità di arricchirsi di elettroliti; pertanto, per le ragioni sin qui esposte, è possibile affermare che il tempo di permanenza nel sottosuolo delle acque che provvedono a ricaricare le sorgenti in esame

risulta sufficientemente lungo da permetterne un'adeguata autodepurazione da inquinanti eventualmente percolati per infiltrazione dalla superficie.

CLASSIFICAZIONE DELLE SORGENTI DI MEINZER

ORDINE DI GRANDEZZA	PORTATA
1°	10 m³/sec o più
2°	da 1 a 10 m³/sec
3°	da 0,1 a 1 m³/sec (da 100 a 1000 l/sec)
4°	da 10 a 100 dm³/sec
5°	da 1 a 10 dm³/sec
6°	da 0,1 a 1 dm³/sec (da 100 a 1000 cm³/sec)
7°	da 10 a 100 cm³/sec
8°	meno di 10 cm³/sec.

6. PLUVIOMETRIA DELL'AREA IN ESAME

I dati di riferimento relativi all'andamento delle idrometeore nell'area esaminata sono stati desunti dalle pubblicazioni di tipo scientifico del C.N.R. – I.S.E. Istituto per lo Studio degli Ecosistemi (ex Istituto Idrobiologico Italiano) di Pallanza.

Per quanto attiene le precipitazioni medie annue la *Carta delle Potenzialità Pluviometriche di 12 Mesi* di A. Carollo, F. Contardi, V. Libera, A. Rolla, elaborata sulla base dei dati raccolti tra il 1921 ed il 1970 indica, per l'area esaminata, precipitazioni comprese tra i 2000 ÷ 2100 mm; le precipitazioni estreme annuali, verificate sempre nello stesso arco di tempo ed indicate dalla carta suddetta, fanno registrare un massimo di 3600 mm ed un minimo di 700 mm.

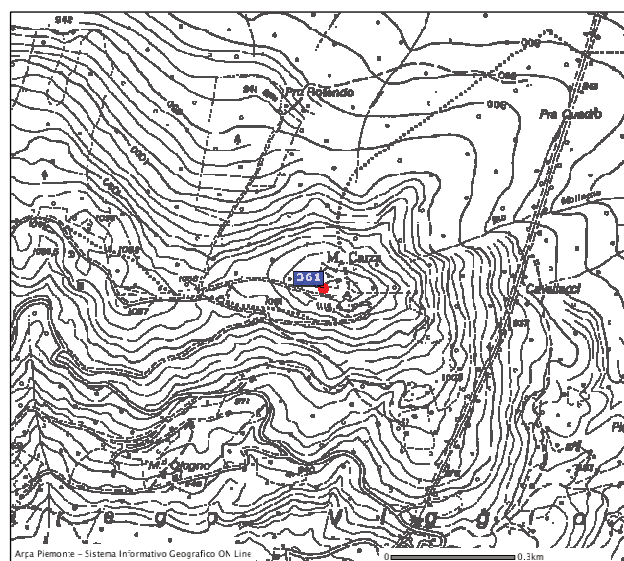
Dalla *Carta delle Precipitazioni Stagionali*, si ricava che l'area in esame è caratterizzata da una distribuzione delle precipitazioni con un minimo invernale (300-400 mm), mentre nel resto dell'anno gli eventi meteorici si ripartiscono in modo piuttosto equilibrato, tra la primavera - estate (500-600 mm) e l'autunno (600-700 mm).

Per meglio analizzare i dati di piovosità dell'area in cui sono localizzate le sorgenti in esame, è possibile fare riferimento ai dati registrati dal pluviometro automatico della stazione termo-igro-pluviometrica del Monte Carza (VB).

Anagrafica Stazione:

Tipo Stazione:	Termopluviometrica
Codice stazione:	361
Quota sito:	1110 m s.l.m.
Comune:	Trarego Viggiona (VB)
Bacino idr.:	Ticino
Località:	Monte Carza
	UTM: N 5099029; E 475300

sotto: foto stazione Monte Carza; a destra ubicazione



Tab. 2a M. Carza (VB). Precipitazioni giornaliere (mm), relative al periodo aprile-ottobre 2016

GIORNO	APRILE	MAGGIO	GIUGNO	LUGLIO	AGOSTO	SETTEMBRE	OTTOBRE
1	19.2	18.6	15.6	5.0	3.8	0.0	0.2
2	2.2	8.4	10.6	0.2	15.0	0.0	2.4
3	0.0	0.0	7.0	7.8	0.2	2.0	-
4	7.6	0.0	3.0	0.2	0.0	0.0	-
5	29.0	0.0	12.0	0.6	67.4	0.0	0.0
6	3.4	0.0	2.6	0.0	10.6	0.0	4.8
7	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.4
8	21.6	0.6	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0
9	11.4	1.6	1.4	0.6	0.0	0.0	0.0
10	0.4	10.4	0.2	0.0	9.2	0.0	11.8
11	0.0	25.6	0.0	41.4	0.4	1.8	0.0
12	2.4	58.8	21.4	8.0	0.0	0.0	27.4
13	1.6	29.4	0.2	7.6	0.0	34.2	0.0
14	5.8	0.0	0.0	4.2	0.0	0.0	9.2
15	0.0	0.0	1.6	0.0	0.0	0.0	49.4
16	5.2	0.0	11.8	0.0	6.6	53.6	39.0
17	17.6	0.0	91.6	0.0	6.6	7.6	0.2
18	26.6	0.0	8.0	0.0	0.4	12.8	0.0
19	13.4	2.8	0.4	0.0	0.0	0.2	0.0
20	0.0	16.2	0.0	0.0	0.4	0.0	0.2
21	0.0	0.0	0.0	0.0	44.2	0.0	0,0
22	0.0	0.0	0.0	1.4	0.2	6.4	0,0
23	0.0	0.4	0.0	10.0	0.0	0.0	5,8
24	3.6	30.8	0.0	19.4	0.0	0.0	4,8
25	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4,0
26	0.0	0.0	12.6	0.0	0.0	0.0	2,0
27	2.4	0.0	7.4	4.6	0.0	0.0	7,4
28	0.0	0.0	0.0	7.4	0.0	0.2	0,0
29	0.0	12.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0,0
30	0.2	59.4	1.0	0.0	3.6	0.0	0,0
31	//	7.2	//	//	1.4	//	0,0
TOTALE	173.8	283.0	209.0	118.4	170.0	118.8	INCOMPLETO

Tab. 2b M. Carza (VB). Precipitazioni giornaliere (mm), relative al periodo novembre 2016 - aprile 2017

GIORNO	NOVEMBRE	DICEMBRE	GENNAIO	FEBBRAIO	MARZO	APRILE
1	0,0	0,0	0,0	0,0	21,8	0,0
2	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	5,8
3	0,0	0,0	0,0	19,2	0,0	2,6
4	2,4	0,6	-	18,6	8,8	0,0
5	2,0	0,0	0,0	1,4	22,6	0,0
6	12,6	0,0	-	-	12,2	0,0
7	6,6	0,0	-	13,2	0,2	0,0
8	0,0	0,0	-	0,0	0,2	0,0
9	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0
10	-	0,0	-	-	0,0	0,0
11	0,0	0,0	-	-	0,0	0,2
12	1,0	0,0	-	-	0,0	0,0
13	0,0	0,0	-	4,8	0,0	0,0
14	0,0	0,0	-	0,2	0,0	0,0
15	0,0	0,0	-	0,2	0,0	0,0
16	0,0	0,0	-	0,2	0,0	0,0
17	0,0	-	-	0,0	0,0	0,0
18	0,6	0,0	-	0,0	0,0	0,0
19	7,0	0,0	-	0,0	0,0	0,0
20	14,0	-	-	0,0	0,0	0,0
21	3,8	6,0	-	0,0	0,0	0,0
22	55,6	0,6	-	0,0	9,0	0,0
23	78,8	0,0	-	0,0	38,0	0,0
24	31,6	0,0	-	0,2	20,2	0,0
25	13,4	0,0	0,0	0,0	3,4	4,0
26	33,6	0,0	0,0	0,0	12,4	46,6
27	1,6	0,0	-	0,0	4,0	47,4
28	0,2	0,0	-	0,0	0,0	27,0
29	0,2	0,0	-	//	0,0	12,0
30	-	-	0,0	//	0,0	0,0
31	//	0,0	0,0	//	0,0	//
TOTALE	INCOMPLETO	INCOMPLETO	INCOMPLETO	INCOMPLETO	152.8	145.6

Si rileva che per quanto concerne la distribuzione mensile delle precipitazioni. il periodo considerato (da aprile 2016 ad aprile 2017) conferma quanto affermato in precedenza. riguardo alla distribuzione delle precipitazioni sul lungo periodo: massimi in primavera e autunno e marcato minimo invernale.

Si notano le abbondanti precipitazioni fatte registrare a fine maggio e metà giugno 2016, che hanno determinato aumenti di portata piuttosto marcati, permettendo di individuare un picco di riferimento adeguato per l'analisi dell'idrogramma sorgivo di ciascuna sorgente esaminata.

Il picco di portata, al quale fare riferimento in sede di analisi dell'idrogramma sorgivo e quindi di definizione delle fasce di rispetto delle sorgenti, risulta essere quello registrato il 27 giugno 2016 (il giorno 1 dicembre 2016 per la sorgente "Muretto Alta").

L'andamento della curva di svuotamento delle sorgenti in esame, nel periodo successivo a tale data, non risulta affetto da significativi fenomeni di ricarica dell'acquifero, cosicché l'analisi del ramo discendente dell'idrogramma sorgivo può fornire valide indicazioni sulle caratteristiche idrogeologiche e strutturali del sistema di alimentazione delle scaturigini.

7. RIDEFINIZIONE DELLE AREE DI SALVAGUARDIA DELLE SORGENTI

7.1 METODOLOGIA UTILIZZATA

Lo studio delle zone di tutela delle opere di captazione in aree montane, che spesso sfruttano sorgenti locali con acquiferi costituiti da ammassi rocciosi fratturati, risulta in linea generale più complesso rispetto alla definizione delle fasce di rispetto dei pozzi perforati in aree di pianura, in corpi a permeabilità di tipo matriciale; tale complessità è determinata da vari fattori, sia dipendenti dalle maggiori difficoltà nel modellizzare la geometria ed i parametri idrodinamici dell'acquifero, sia dalla mancanza di precise e consolidate direttive tecnico-legislative.

Dal punto di vista teorico, sarebbe auspicabile che il dimensionamento delle aree di tutela delle risorse idriche fosse improntato a criteri di salvaguardia temporali, in base alla effettiva velocità di filtrazione delle acque (velocità di flusso) e quindi in base alla velocità di propagazione di un eventuale inquinante idroportato.

Nel caso di sorgenti per fessurazione in roccia, la velocità di flusso può essere ad esempio calcolata mediante la formula di Darcy, basandosi sul metodo suggerito da *Letourneur & Michel*².

Questo metodo necessita della determinazione della permeabilità K , la quale, negli ammassi fratturati, può essere calcolata secondo quanto suggerito da Scesi e Saibene,³ procedendo cioè ad un rilievo geomeccanico degli ammassi rocciosi posti in prossimità della scaturigine da esaminare.

Nel caso in esame, essendo poco affidabile procedere alla stima della permeabilità sulla base di tali dati, preso atto, inoltre, che l'impiego di traccianti è reso impraticabile dall'impossibilità di individuare punti di immissione certi, si è deciso di utilizzare la metodologia, per la delimitazione delle aree di salvaguardia delle sorgenti, proposta da Civita⁴.

Tale metodologia, ripresa dalla citata normativa regionale, consente di stimare la vulnerabilità della risorsa idrica in maniera più precisa anche quando non si dispone di studi e valutazioni rigorosi; secondo tale metodo, infatti, le aree di salvaguardia possono essere discriminate in base a quattro condizioni di vulnerabilità della risorsa idrica, differenziate in funzione del tempo di dimezzamento della portata massima annuale t_D (espresso in giorni).

Tale tempo di dimezzamento è direttamente proporzionale alla velocità di svuotamento della parte più permeabile del serbatoio acquifero e, quindi, alla massima velocità di spostamento di un inquinante idroportato; pertanto, minore risulta essere il tempo di dimezzamento, tanto più breve è il tempo di permanenza sotterranea dell'acqua.

La tabella che segue elenca le quattro condizioni di vulnerabilità intrinseca, contrassegnate da lettere maiuscole, individuate da Civita ed indicate nell'Allegato A del "Regolamento Regionale recante: "Disciplina

² J. LETOURNEUR & R. MICHEL:- "Géologie du génie civil", Librairie Armand Colin 1971

³ L. SCESI, L. SAIBENE - "Valutazioni della permeabilità di un ammasso roccioso tramite rilievo geologico-strutturale", Mem. Soc. Geol. It. - 32 pp 253-277.

⁴ Vedi nota 1

delle aree di salvaguardia delle acque destinate al consumo umano (L.R. 29-12-2000 n. 61)'''.

Tabella 7.1 - **Classi di vulnerabilità**

<i>Classe di vulnerabilità intrinseca</i>	<i>Tempo di dimezzamento (t_D giorni)</i>	<i>Velocità di flusso stimata v (m/s)</i>
Elevata - "A"	$t_D < 5$	$> 10^{-2}$
Alta - "B"	$5 \leq t_D \leq 20$	$10^{-2} \div 10^{-3}$
Media - "C"	$20 < t_D \leq 50$	$10^{-3} \div 10^{-4}$
Bassa - "D"	$t_D > 50$	$< 10^{-4}$

La situazione "A" esprime quindi la condizione di massima vulnerabilità, caratterizzata da alte velocità di flusso, mentre la situazione "D" quella di vulnerabilità minima.

Qui di seguito si riportano gli idrogrammi sorgivi delle scaturigini esaminate, relativi alle misurazioni di portata effettuate nel periodo compreso tra maggio 2016 ed aprile 2017, in base ai quali, come detto nel capitolo precedente, sono stati determinati i valori delle portate massime, conseguenti ad eventi piovosi di riferimento, e del relativo tempo di dimezzamento.

Sulla scorta del confronto effettuato tra le misure eseguite in sito, riportate nei grafici proposti in allegato ed i dati relativi alle precipitazioni meteoriche rilevate presso la stazione termo-igro-pluviometrica del M. Carza (VB), si ritiene che le portate misurate il 27 giugno 2016, possono essere considerate come valore di picco di riferimento per le sorgenti "Fontana Quadra" e "Muretto Bassa"; un altro picco relativo, inferiore al precedente, è stato rilevato il giorno 1 dicembre 2016, rispetto al quale è stata determinata la "Curva di Esaurimento" della sorgente "Muretto Alta".

Per la determinazione del tempo di dimezzamento è stato quindi analizzato l'andamento delle *curve di svuotamento*, ricavate prendendo quale portata iniziale di riferimento i valori misurati in tali occasioni.

La *curva di svuotamento*, in particolare, è ulteriormente scomponibile in due rami distinti:

1. il tratto iniziale o "*curva di decremento*", a maggiore pendenza, che comprende i valori di portata registrati nel lasso di tempo in cui la zona satura è ancora influenzata dall'infiltrazione; tale fenomeno tende a diminuire nel tempo fino ad annullarsi.
2. il tratto finale o "*curva di esaurimento*", che tende asintoticamente all'orizzontale, rappresentativo dell'intervallo in cui l'infiltrazione è nulla ed il sistema si scarica in "regime non influenzato"; esso rappresenta il contributo della zona satura dell'acquifero che alimenta la sorgente.

La curva di esaurimento costituisce un buon indicatore dell'acquifero, in quanto esprime essenzialmente le caratteristiche idrogeologiche e strutturali del sistema.

L'andamento nel tempo delle misure di portata può essere analizzato mediante elaborazioni statistiche, ad esempio la regressione esponenziale di *Maillet*, per ottenere, sia il "*coefficiente di esaurimento*" (α), dipendente dalle caratteristiche idrogeologiche e strutturali del sistema, che il "*coefficiente di decremento*" (β), direttamente proporzionale alla velocità di svuotamento della parte più permeabile del

serbatoio acquifero ed alla massima velocità di trasmissione di un inquinante idroportato.

Nel caso in esame si è considerato l'intero tratto discendente degli idrogrammi (curva di decremento + curva di esaurimento), procedendo ad analizzare i dati di portata secondo la metodologia sottoindicata:

I dati di portata sono stati interpolati con il metodo dei minimi quadrati mediante un'espressione esponenziale del tipo:

$$Q_t = Q_0 e^{-at}$$

dove:

- $Q_0 = Q_{max}$; Q_{max} è la portata massima, registrata alla data 27 giugno 2016 per le sorgenti “Fontana Quadra” e “Muretto Bassa”, e 01/12/2016 per la sorgente “Muretto Alta”;
- $t = 0$ in corrispondenza delle date citate.

Si è assunto come tempo di dimezzamento il valore t (giorni) che dimezza la portata Q_{max} .

Determinata la classe di vulnerabilità della captazione è stata, quindi, definita l'area di salvaguardia, riportata nel capitolo successivo.

7.2 ZONA DI TUTELA ASSOLUTA (ZTA) COMMA 3. ART. 94 D. Lgs. 152/2006

La zona di tutela assoluta è stata dimensionata (Civita. 1973) nel seguente modo:

- lunghezza "D" misurata a partire dalla scaturigine verso monte rispetto al flusso idrico sotterraneo;
- lunghezza "¾ D" misurata lateralmente;
- lunghezza "d" misurata verso valle.

I valori "D" e "d" proponibili per le diverse situazioni idrodinamiche sono riportati nella seguente tabella:

OPERA	VULNERABILITÀ	SOGGIACENZA	"D" (m)	"d" (m)	"¾ D"
Alla sorgente	Elevata - "A"	nulla	40	10	30
	Alta - "B"	nulla	30	5	22.5
	Media - "C"	nulla	20	5	15
	Bassa - "D"	nulla	10	2	7.5

Questa tabella viene riproposta, con misure analoghe, anche al punto 3.2 dell'Allegato A del citato Regolamento Regionale recante: “Disciplina delle aree di salvaguardia delle acque destinate al consumo umano (L.R. 29-12-2000 n. 61)”.

7.3 ZONA DI RISPETTO (ZR) COMMA 4. ART. 94 D. Lgs. 152/2006

Il tracciamento della forma più adatta per delimitare la Zona di Rispetto, secondo quanto riportato dalla vigente legislazione, fa riferimento alla situazione idrodinamica ricorrente nella porzione di acquifero libero immediatamente adiacente all'area sorgiva.

Tale forma risulta essere quella di un trapezoide rovescio orientato secondo la direzione di flusso locale dell'acquifero, con base minore coincidente con il limite a valle della zona di tutela assoluta, con

apertura laterale di almeno 30° rispetto ai margini esterni della Zona di Tutela Assoluta ed avente estensione a monte, in funzione delle quattro situazioni di vulnerabilità discriminate, pari a quanto indicato nella tabella seguente:

SITUAZIONE	ESTENSIONE A MONTE (metri)
Elevata - "A"	L'intero il bacino di alimentazione
Alta - "B"	L = 2000 m
Media - "C"	L = 400 m
Bassa - "D"	L = 200 m

Al punto 3.3 dell'Allegato A del *Regolamento Regionale recante: "Disciplina delle aree di salvaguardia delle acque destinate al consumo umano (L.R. 29-12-2000 n. 61)"* viene indicato che *"qualora, per ragioni geografiche, il limite superiore dell'area determinata superi la cresta spartiacque del bacino imbrifero sotteso alla sorgente, il limite superiore dell'area corrisponderà con la cresta spartiacque indipendentemente dal parametro L"* determinato.

Inoltre, *"per le classi di vulnerabilità intrinseca elevata (A), alta (B) e media (C), la Zona di Rispetto (ZR) può essere suddivisa in Zona di Rispetto Ristretta (ZRR) e Zona di Rispetto Allargata (ZRA)"*; in questo caso, la normativa citata prevede che *"l'estensione della Zona di Rispetto Ristretta non potrà comunque essere inferiore a 200 m"*.

7.4 ZONA DI PROTEZIONE (ZP) COMMA 5. ART. 94 D. LGS. 152/2006

La normativa prevede anche una Zona di Protezione, che nel caso di sorgenti montane viene di norma fatta coincidere con l'area di ricarica dell'acquifero da proteggere; nel caso in esame, tenuto conto delle caratteristiche morfologiche del versante indagato, della direzione di deflusso sotterraneo, nonché dell'estensione della Zona di Rispetto.

Sia per le sorgenti Mureto, che per la Fontana Quadra, occorre tener presente i possibili deflussi sotterranei provenienti dal sovrastante bacino del Rio Erbia; le differenti ampiezze delle due ZP è dovuta alla differenza di quota dei rispettivi bottini di presa.

8. MONOGRAFIE DEI PUNTI DI CAPTAZIONE

L'osservazione dell'idrogramma sorgivo delle sorgenti e in particolare della curva di svuotamento, ha permesso di determinare il tempo di dimezzamento, riferito ad un determinato intervallo temporale, relativo alle captazioni esaminate e conseguentemente di individuare la classe di vulnerabilità cui le stesse appartengono.

Qui di seguito si riporta la monografia di ciascuna sorgente, in cui si evidenziano le dimensioni delle fasce di rispetto determinate, nonché le particelle catastali interessate.

8.1 SORGENTE “FONTANA QUADRA”

<u>Scheda sorgente:</u>	<i>Denominazione</i>	Sorgente “Fontana Quadra”
	<i>Tipo di captazione</i>	Bottino di presa
	<i>Quota</i>	1027 m s.l.m.
	<i>Rif. Topografico</i>	Versante meridionale della Cresta della Ceresa. lungo la S.P. n. 56, tra Manegra e Piancavallo
	<i>Coordinate UTM – WGS 84</i>	470164 Est 5093880 Nord
	<i>Carta Tecnica Regionale</i>	Sezione n. 073040 “Ghiffa”
	<i>Catastale</i>	NCT Comune di Oggebbio Fg. n. 2 mappale 12
	<i>Temp. acqua sorgente (°C)</i>	9.5 (media)
	<i>Conducibilità elettrica specifica a 20° C ($\mu\text{S}/\text{cm}$)</i>	102.5 (media)
<u>Idrogramma sorgivo:</u>	<i>Periodo misure</i>	03/05/2016 ÷ 19/04/2017
	<i>Portata massima</i>	1.22 l/s (27/06/2016)
	<i>Portata minima</i>	0.06 l/s (19/10 e 11/11/2016)

Valori relativi alle curve di decremento

<i>Periodo di osservazione</i>	Q_{max} (l/sec)	Q_f (l/sec)	β	R^2	T_D (giorni)	<i>Classe di vulnerabilità</i>
27/06/2016÷11/11/2016	1.22	0.06	0.022	0.9433	32	C

8.2 SORGENTE “MURETTO ALTA”

<u>Scheda sorgente:</u>	<i>Denominazione</i>	Sorgente “Muretto Alta”
	<i>Tipo di captazione</i>	Bottino di presa
	<i>Quota</i>	915 m s.l.m.
	<i>Rif. Topografico</i>	Versante meridionale della Cresta della Ceresa. a valle della S.P.56, tra Manegra e Piancavallo
	<i>Coordinate UTM – WGS 84</i>	470152 Est
	32T	5093645 Nord
	<i>Carta Tecnica Regionale</i>	Sezione n. 073040 “Ghiffa”
	<i>Catastale</i>	NCT Comune di Oggebbio Fg. n. 2 mappale 10
	<i>Temp. acqua sorgente (°C)</i>	10.3 (media)
	<i>Conducibilità elettrica specifica a 20° C (μS/cm)</i>	82.7 (media)
<u>Idrogramma sorgivo:</u>	<i>Periodo misure</i>	03/05/2016 ÷ 19/04/2017
	<i>Portata massima</i>	6.1 l/s (01/12/2016)
	<i>Portata minima</i>	0.02 l/s (23/02/2017)

Valori relativi alle curve di decremento

<i>Periodo di osservazione</i>	Q_{max} (l/sec)	Q_f (l/sec)	β	R^2	T_D (giorni)	<i>Classe di vulnerabilità</i>
27/06/2016÷19/10/2016	4.4	0.1	0.033	0.9712	21	C

8.3 SORGENTE “MURETTO BASSA”

<u>Scheda sorgente:</u>	<i>Denominazione</i>	Sorgente “Muretto Bassa”
	<i>Tipo di captazione</i>	Bottino di presa
	<i>Quota</i>	909 m s.l.m.
	<i>Rif. Topografico</i>	Versante meridionale della Cresta della Ceresa. a valle della S.P. 56, tra la loc. Manegra e Piancavallo
	<i>Coordinate UTM – WGS 84</i>	470191 Est
	32T	5093627 Nord
	<i>Carta Tecnica Regionale</i>	Sezione n. 073040 “Ghiffa”
	<i>Catastale</i>	NCT Comune di Oggebbio Fg. n. 20 mappale 16
	<i>Temp. acqua sorgente (°C)</i>	10.0 (media)
	<i>Conducibilità elettrica specifica a 20° C (μS/cm)</i>	70.0 (media)

<u>Idrogramma sorgivo:</u>	<i>Periodo misure</i>	03/05/2016 ÷ 19/04/2017
	<i>Portata massima</i>	2.54 l/s (27/06/2016)
	<i>Portata minima</i>	0.22 l/s (22/09/2016)

Valori relativi alle curve di decremento

<i>Periodo di osservazione</i>	Q_{max} (l/sec)	Q_f (l/sec)	β	R^2	T_D (giorni)	<i>Classe di vulnerabilità</i>
27/06/2016÷22/09/2016	2.54	0.22	0.025	0.8118	28	C

8.4 DIMENSIONI DELLA ZONA DI TUTELA ASSOLUTA E ZONA DI RISPETTO DELLE SORGENTI

Le considerazioni sull'assetto strutturale del substrato lapideo, nell'ambito dell'area in esame, espone nel capitolo 4, hanno permesso di avvalorare l'ipotesi secondo cui la circolazione sotterranea avviene lungo un reticolo di fratture interconnesse, lungo i percorsi determinati dalle fratture appartenenti soprattutto alla scistosità Sc; la direzione preferenziale di deflusso idrico sotterraneo, nella zona della sorgente, avviene in direzione Sud-Ovest, principalmente lungo le fratture appartenenti al sistema Sc, che costituiscono il cosiddetto collettore drenante nei confronti delle acque di infiltrazione; detti sistemi di discontinuità drenano il flusso in direzione Sud-Ovest; le discontinuità K2, all'incirca parallele al pendio, costituiscono il "letto" su cui defluiscono le acque di infiltrazione all'interno dell'ammasso, mentre le fratture appartenenti al sistema K1, che intersecano e interrompono i precedenti, garantiscono un "effetto barriera" per le acque presenti all'interno dell'ammasso roccioso, favorendo l'emergenza delle stesse.

Sulla base delle considerazioni espone in dettaglio nel capitolo 5, riguardanti, in sintesi, la scarsa influenza delle oscillazioni di temperatura dell'aria sullo stato termometrico delle acque sorgive, i valori medi di conducibilità registrati e la gradualità con cui decresce il segmento discendente dell'idrogramma sorgivo, appare ragionevole ritenere che l'area di alimentazione delle sorgenti in esame abbia un'estensione piuttosto ampia, che include la parte alta del bacino imbrifero del Rio Erbia.

Si rileva, tuttavia, il differente comportamento della sorgente "Muretto Alta", rispetto alle altre due; differenza dovuta al fatto che l'acquifero che alimenta i due bottini (pozzi verticali) è costituito essenzialmente da depositi di copertura morenica e meno dal substrato roccioso; la relativa *curva di esaurimento* dell'idrogramma sorgivo mostra quindi una tendenza al veloce esaurimento dell'acquifero e, in definitiva, una discreta vulnerabilità della sorgente.

Secondo quanto suggerito da Civita, si ritiene di indicare, per le sorgenti "Fontana Quadra", "Muretto Alta" e "Muretto Bassa" una vulnerabilità di tipo "C".

Pertanto, per la perimetrazione delle Zone di Tutela Assoluta (ZTA) e per le Zone di Rispetto (ZR) vengono proposte le dimensioni di seguito riportate in tabella:

ZONA DI TUTELA ASSOLUTA (ZTA)	ZONA DI RISPETTO (ZR)
D = 20 m	L = 200 m (ZRR); 400 m (ZRA)
$\frac{3}{4}$ D = 15 m	Angolo di apertura = 30°
d = 5 m	Bisettrice orientata 14° N

Le dimensioni della Zona di Tutela Assoluta (ZTA) variano per ciascuna delle tre sorgenti, considerando le dimensioni e l'assetto dei bottini di presa; per ciò che riguarda la sorgente "Muretto Alta", la ZTA racchiude i due distinti bottini di presa (pozzi verticali), distanti tra loro circa 11 m.

Le singole ZTA hanno tutte forma rettangolare ed hanno un'estensione di 32.5 x 29 m (Fontana Quadra), 40 x 33 m (Muretto Alta) e 33 x 28 m (Muretto Bassa), così come rappresentato nelle Tavole 3°-3b-3c – *Planimetria catastale aree di salvaguardia*, in scala 1:2.000.

Con riferimento, quindi, alle dimensioni sopra indicate ed a quanto rappresentato nelle Tavole n. 3, le particelle catastali che risultano comprese nelle fasce di rispetto delle tre sorgenti, indicate secondo la numerazione del N.C.T. del Comune di Oggebbio, sono sintetizzate nelle seguenti tabelle:

	<i>Zona di Tutela Assoluta (ZTA)</i>	<i>Zona di Rispetto Ristretta (ZRR)</i>	<i>Zona di Rispetto Allargata (ZRA)</i>
Fontana Quadra	Fg. n. 2 mapp. interi: - mapp. pro parte: 12	Fg. n. 2 mapp. interi: - mapp. pro parte: 10-12-15	Fg. n. 2 mapp. interi: - mapp. pro parte: 10-12-15
Muretto Alta	Fg. n. 2 mapp. interi: - mapp. pro parte: 10 Fg. n. 20 mapp. interi: - mapp. pro parte: 13-16	Fg. n. 2 mapp. interi: - mapp. pro parte: 10-12-16	Fg. n. 2 mapp. interi: - mapp. pro parte: 10-12-15-16
Muretto Bassa	Fg. n. 2 mapp. interi: - mapp. pro parte: 10 Fg. n. 20 mapp. interi: - mapp. pro parte: 16	Fg. n. 2 mapp. interi: - mapp. pro parte: 10-12-16 Fg. n. 20 mapp. interi: - mapp. pro parte: 13-16	Fg. n. 2 mapp. interi: - mapp. pro parte: 10-12-15-16

9. UBICAZIONE DEI CENTRI DI PERICOLO

Pur tenendo in debita considerazione che le sorgenti in esame ricadono in un settore di territorio esterno alle aree maggiormente antropizzate e sostanzialmente privo di centri di pericolo, nel presente capitolo vengono individuati gli elementi e le attività costituenti potenziali fonti di inquinamento della risorsa idrica.

A tale proposito, e con specifico riferimento all'art.94 del D. Lgs. 152/06, sono stati censiti i principali centri di pericolo presenti nel raggio di 1 km da entrambi i punti di captazione. procedendo quindi alla rappresentazione degli stessi nell'allegata Tavola n. 2 - *Carta dei centri di potenziale pericolo*, in scala 1:5.000; le possibili "fonti" di inquinamento ricadenti all'interno delle Zone di Salvaguardia, vengono, altresì, rappresentate con maggior dettaglio nella Tavola n. 3 - *Planimetria catastale aree di salvaguardia*, in scala 1: 2.000.

La normativa regionale suddivide le potenziali fonti di pericolo per la risorsa idrica in cinque categorie, elencate al punto 6 dell'Allegato A del *Regolamento Regionale recante: "Disciplina delle aree di salvaguardia delle acque destinate al consumo umano (L.R. 29-12-2000 n. 61)"* contenuto nel D.P.G.R. del 11-12-2006 n. 15/R:

- GRUPPO 1: attività agricole e di verde pubblico;
- GRUPPO 2: opere igienico-sanitarie e scarichi acque reflue;
- GRUPPO 3: attività comportanti detenzione e stoccaggio di materiali pericolosi e/o produzione di rifiuti pericolosi e tossici e nocivi;
- GRUPPO 4: infrastrutture ed aree edificate;
- GRUPPO 5: pozzi diversi da quello idropotabile.

Con riferimento alla sopra citata tabella, nell'areale investigato, avente raggio di 1 km da ciascuna opera di captazione, sono stati presi in considerazione le attività e le opere in grado di costituire direttamente o indirettamente fattori di degrado della qualità delle acque.

1) Attività agricole e zootecniche

Il territorio si presenta quasi totalmente colonizzato da estesa copertura boschiva; inoltre, da anni non si attua lo sfruttamento agricolo e zootecnico del territorio nell'areale racchiuso entro il raggio di 1 km dalle opere di captazione, in particolare a monte delle stesse, dove non si rilevano aree soggette a spandimento agronomico di pesticidi e fertilizzanti e/o di liquami zootecnici.

2) Opere igienico-sanitarie e scarichi acque reflue

L'ampia area boscata che si sviluppa a monte delle sorgenti è priva di insediamenti abitativi.

L'alpeggio di Manegra e i modesti nuclei rurali di Erbia e Corte Ginestrolo, tutti occupati saltuariamente, risultano dotati di vasca biologica e rete disperdente (sub-irrigazione e/o pozzo perdente), ma sono tutti situati a quote inferiori rispetto alle sorgenti, esternamente alle aree di salvaguardia delle

stesse.

3) Attività comportanti detenzione e stoccaggio di materiali pericolosi

Come precedentemente affermato, le due opere di captazione sono localizzate ai margini del territorio antropizzato, in un'area prevalentemente boscata, in cui non sono presenti attività produttive di tipo artigianale e/o industriale.

Non si segnala la presenza di cisterne interrate o fuori terra per idrocarburi (gasolio e gas) per il riscaldamento domestico, dato che gli edifici d'abitazione di Manegra sono allacciati alla rete di distribuzione del gas metano; tale rete di distribuzione risulta comunque esterna alle aree di salvaguardia.

Sono assenti discariche e centri di stoccaggio di rifiuti.

4) Infrastrutture

Per quanto concerne questa categoria, sono state rappresentate le seguenti opere:

- Strada Provinciale n. 56 il cui tracciato lambisce la "Fontana Quadra" e dista poche centinaia di metri, a monte delle sorgenti "Muretto".
- Strada Provinciale n. 133 rientra, anche se di poco, nel raggio di 1 Km dalla "Fontana Quadra", dalla quale è, in ogni caso, separata dall'incisione del Rio di Erbia.
- strade comunali si sviluppano quasi completamente a valle delle sorgenti.
- metanodotto il cui tracciato collega le abitazioni di Manegra, all'estremità Est del raggio di 1 Km dalle sorgenti.

Si precisa che nell'area investigata sono presenti alcuni sentieri utilizzati con finalità escursionistiche.

5) Pozzi ad uso diverso dall'idropotabile

Nell'area analizzata non si sono rilevati pozzi ad uso civile-tecnologico nè industriale.

Inoltre, per quanto concerne gli elementi naturali, nell'areale investigato non sono stati evidenziati segnali di dissesto in atto o potenziale che potrebbero interferire con le scaturigini in esame.

- *Uso del suolo nelle aree di salvaguardia.*

All'interno delle aree di salvaguardia delle due sorgenti in esame e nel loro intorno, il territorio presenta un alto grado di naturalità, essendo costituito quasi completamente da superfici boscate.

10. NOTE CONCLUSIVE

Il presente studio è stato effettuato al fine di individuare le caratteristiche geolitologiche, geostrutturali ed idrogeologiche che caratterizzano il bacino di alimentazione delle sorgenti denominate “Fontana Quadra”, “Muretto Alta” e “Muretto Bassa”, alimentante l’acquedotto comunale di Oggebbio e ridefinire le Aree di Salvaguardia di tali sorgenti, ai sensi del D.Lgs. n. 152/2006 e s.m.i. e del Regolamento Regionale n. 15/R, approvato con D.P.G.R. dell’11-12-2006.

In base alle indagini eseguite ed ai rilievi effettuati, si ritiene di poter formulare le seguenti valutazioni.

- Le sorgenti in esame sono situate nel settore NW del territorio Comunale, nei pressi della S.P. n. 56, tra la loc. Manegra e Piancavallo.
- Litologicamente, nell’area in esame il substrato roccioso è costituito da micascisti e paragneiss appartenenti agli *Scisti dei Laghi* che, in questa zona, si mostrano parzialmente alterati per arenitizzazione; l’acquifero della sorgente “Muretto Alta” è costituito da una placca morenica di spessore relativamente limitato, oltre che dall’acqua defluente al contatto con il sottostante substrato roccioso.
- In base alle osservazioni dirette effettuate in sito, è possibile ipotizzare che le acque di precipitazione meteorica si infiltrino efficacemente in profondità ed alimentino le sorgenti in esame seguendo i percorsi determinati dai sistemi di frattura; l’ammasso appare caratterizzato da una fratturazione elevata e da una discreta alterazione superficiale.
- La direzione preferenziale di deflusso idrico sotterraneo, nella zona della sorgente, avviene in direzione Sud-Ovest, principalmente lungo le fratture appartenenti al sistema Sc, che costituiscono il cosiddetto collettore drenante; le discontinuità K2, all’incirca parallele al pendio, costituiscono il “letto” su cui defluiscono le acque di infiltrazione all’interno dell’ammasso; il sistema K1 funge da “barriera”, favorendo la venuta a giorno dell’acqua di circolazione sotterranea.
- Mentre per la sorgente “Muretto Bassa”, il substrato roccioso costituisce la parte preponderante dell’acquifero, nel caso della sorgente “Muretto Alta”, i due bottini (pozzi verticali) che la alimentano sono inseriti nei depositi di copertura morenica.
- I valori di portata minimi, registrati nell’arco di tempo considerato, indicano che le sorgenti possono essere ascritte al 6° ordine della scala di Meinzer (range di portata da 0.1 a 1 l/s).
- In relazione alla distribuzione dei picchi di portata delle sorgenti nei confronti dei più significativi eventi pluviometrici registrati nell’arco degli anni 2016/primavera 2017, osservando gli idrogrammi sorgivi (*segmento ascendente*), è possibile dedurre come i tempi di risposta ai fenomeni meteorici risultino limitati a pochi giorni dai picchi di piovosità; ciò conferma che l’ammasso roccioso, costituente l’acquifero fratturato, risulta caratterizzato da un medio grado di permeabilità per fessurazione e sta ad indicare una rete di alimentazione “diretta”, lungo la quale la circolazione idrica sotterranea avviene con buona efficacia. Dopo che è stato raggiunto il valore massimo di portata,

anche il *segmento discendente* e, soprattutto, la *curva di esaurimento* degli idrogrammi sorgivi delle due sorgenti, tendono a decrescere in modo analogo; questo aspetto conferma che le sorgenti rispondono nella stessa maniera agli apporti di infiltrazione che si hanno nelle aree situate a monte delle stesse.

- Analizzando i dati di temperatura delle acque sorgive si può notare che si hanno oscillazioni di pochi decimi di grado (valori oscillanti intorno a 9 – 10,5°C); questo aspetto assume di per sé una valenza di particolare interesse, in quanto la scarsa influenza delle oscillazioni termiche esterne sulla temperatura dell'acqua sorgiva costituisce un indice della discreta estensione del bacino di alimentazione delle scaturigini. Infatti, lo stato termico delle acque sorgive può giungere ad un livello di temperatura grosso modo costante solo nell'ipotesi in cui le acque di infiltrazione seguano percorsi sotterranei sufficientemente sviluppati e profondi.
- I valori medi di conducibilità, misurati nelle acque delle sorgenti, dovuti al passaggio delle acque entro litoclasti e fratture del substrato litico, testimoniano un discreto arricchimento in sali minerali, disciolti in soluzione, nonostante i litotipi attraversati dalla risorsa idrica siano tendenzialmente “resistenti” ai processi chimici dissolutivi esercitati dalle acque; ciò conferma l'ipotesi secondo cui le acque delle sorgenti in esame emergono dopo aver compiuto un percorso sotterraneo sufficientemente lungo, avendo in tal modo la possibilità di arricchirsi di elettroliti.
- Sulla base delle considerazioni sin qui esposte, è ragionevole supporre che il tempo di permanenza nel sottosuolo delle acque, che provvedono a ricaricare le sorgenti in esame, risulta sufficientemente lungo da permetterne un'adeguata autodepurazione da agenti inquinanti eventualmente percolati per infiltrazione dalla superficie.

In relazione alle problematiche connesse con il dimensionamento delle Aree di Salvaguardia, la metodologia di studio adottata è stata così strutturata:

- rilevamento geologico - strutturale ed idrogeologico in corrispondenza di tutte e tre le sorgenti ed in corrispondenza degli affioramenti rocciosi rilevati;
- determinazione degli idrogrammi sorgivi mediante misure di portata effettuate in un arco di tempo compreso tra maggio 2016 e aprile 2017.

L'analisi dei dati strutturali raccolti ha permesso una prima valutazione della velocità di deflusso delle acque sorgive e quindi di propagazione di un eventuale inquinante idroportato infiltratosi dalla superficie; quanto ottenuto, integrato dall'elaborazione degli idrogrammi sorgivi e dal calcolo del tempo di dimezzamento delle portate massime annuali (T_D), ci ha permesso di stimare la vulnerabilità della risorsa idrica, riferendosi in particolare alla metodologia ed alle classi di vulnerabilità proposte da Civita e riprese, quale metodologia di riferimento, dalla normativa regionale rappresentata dal D.P.G.R. dell'11-12-2006 n. 15/R con cui viene adottato il “*Regolamento Regionale recante: Disciplina delle aree di salvaguardia delle acque destinate al consumo umano (L.R. 29-12-2000 n. 61)*”.

Nota la classe di vulnerabilità delle risorse idriche in esame, sono state applicate le seguenti aree di

salvaguardia:

- ZTA: Zona di Tutela Assoluta;
- ZR: Zona di Rispetto;
- ZP: Zona di Protezione.

Le indicazioni fornite da Civita sono state utilizzate come linee-guida per il dimensionamento delle aree di salvaguardia, tenendo comunque in considerazione le caratteristiche idrogeologiche locali.

I dati idrologici e catastali relativi alle sorgenti in esame, nonché il dimensionamento delle aree di salvaguardia, sono raccolti e sintetizzati nelle monografie relative ai due punti di captazione (vedi capitolo 8).

Infine, sono stati censiti tutti i centri di pericolo compresi nel raggio di 1 km dalle sorgenti, riscontrando che in linea generale la risorsa idrica captata si trova in un contesto territoriale dotato di un alto grado di naturalità e che, nella zona di ricarica delle sorgenti, non vi siano nuclei residenziali e/o agricoli.

Come dettagliatamente illustrato al capitolo 8, all'interno delle aree di salvaguardia individuate nell'ambito del presente studio, non risultano presenti sistemi di smaltimento dei reflui domestici o altri centri di pericolo.

A conclusione di quanto fin qui riportato, si ricorda brevemente quanto previsto dalla normativa vigente per le fasce di rispetto elaborate nell'ambito di questo studio, così come previsto dagli articoli 4 e 6 del Regolamento Regionale n. 15/R.

Per la Zona di Tutela Assoluta (ZTA), l'art.4. comma 2 del D.P.G.R. dell'11-12-2006. recita: *“la zona di tutela assoluta è adeguatamente protetta da possibili infiltrazioni d'acqua dalla superficie e, salvo motivata deroga, recintata al fine di garantire l'integrità e l'efficienza delle relative opere”*.

Nella Zona di Rispetto sono **vietate** tutte le attività di cui all'art. 6. del sopra citato Regolamento Regionale, ossia:

- a) dispersione di fanghi e acque reflue, anche se depurati;
- b) accumulo di concimi chimici, fertilizzanti o prodotti fitosanitari;
- c) spandimento di concimi chimici, fertilizzanti, o prodotti fitosanitari, salvo che l'impiego di tali sostanze sia effettuato sulla base delle indicazioni di uno specifico piano di utilizzazione dei fertilizzanti e dei fitosanitari di cui all'Allegato B;
- d) impiego per scopi non agricoli di mezzi di tipo chimico finalizzati al contenimento della vegetazione;
- e) scarichi di acque reflue anche se depurate, nonché dispersione nel sottosuolo di acque bianche provenienti da piazzali e strade;
- f) aree cimiteriali;
- g) apertura di cave;
- h) apertura di pozzi o realizzazione di altre perforazioni del suolo, ad eccezione di quelli finalizzati all'estrazione delle acque di cui all'art. 1, comma 1 (del Regolamento Regionale 15/R). e di quelli finalizzati alla variazione di tale estrazione, nonché di piezometri ovvero di pozzi o altri strumenti di monitoraggio necessari per il controllo e la tutela delle risorse idriche;

- i) gestione rifiuti;
- j) stoccaggio di prodotti, ovvero sostanze chimiche pericolose e sostanze radioattive;
- k) centri di raccolta, demolizione e rottamazione di autoveicoli;
- l) pozzi perdenti e fosse imhoff o equivalenti sistemi di trattamento di acque reflue;
- m) pascolo e stabulazione di bestiame che ecceda i centosettanta chilogrammi per ettaro di azoto presente negli effluenti, al netto delle perdite;
- n) insediamento di attività industriali ed artigianali;
- o) cambiamento di destinazione d'uso degli insediamenti di cui al punto n) esistenti, salvo che il medesimo sia volto alla riduzione del livello di rischio.

Inoltre, nella Zona di Rispetto sono comunque **vietati**:

- a) la stabulazione del bestiame;
- b) lo stoccaggio di effluenti zootecnici, concimi chimici, fertilizzanti o prodotti fitosanitari;
- c) la realizzazione di fognature, pozzi neri a tenuta, impianti e strutture di depurazione di acque reflue, salvo che siano necessari per la messa in sicurezza di fabbricati non rilocalizzabili o per mitigare la situazione di rischio;
- d) la realizzazione di fabbricati a qualsiasi uso destinati, ad eccezione delle infrastrutture del servizio idrico integrato strettamente funzionali alla captazione idrica. Per i fabbricati esistenti alla data di presentazione della proposta di definizione delle aree di salvaguardia, regolarmente autorizzati a norma delle disposizioni urbanistiche ed edilizie, possono essere consentiti solo gli interventi edilizi di recupero conservativo che non comportino l'aumento delle unità immobiliari e gli interventi di adeguamento igienico-sanitario che non comportino nuovi allacciamenti;
- e) la realizzazione di opere viarie e ferroviarie, fatta eccezione per le piste ciclabili e la viabilità agro-silvo-pastorale, interpodereale e, ove non diversamente localizzabile, comunale;
- f) la realizzazione di infrastrutture di servizio che possano interferire, qualitativamente o quantitativamente, in modo diretto o indiretto, con il corpo idrico captato.

CLASSIFICAZIONE DELLE SORGENTI DI MEINZER

ORDINE DI GRANDEZZA	PORTATA
1°	10 m³/sec o più
2°	da 1 a 10 m³/sec
3°	da 0,1 a 1 m³/sec (da 100 a 1000 l/sec)
4°	da 10 a 100 dm³/sec
5°	da 1 a 10 dm³/sec
6°	da 0,1 a 1 dm³/sec (da 100 a 1000 cm³/sec)
7°	da 10 a 100 cm³/sec
8°	meno di 10 cm³/sec.