

030-2011_25

COMUNE DI RICENGO

Provincia di Cremona

**DOMANDA DI RINNOVO CON VARIANTE
DELLA CONCESSIONE DI DERIVAZIONE DI
ACQUA PUBBLICA SOTTERRANEA A USO
IRRIGUO DA N. 1 POZZO**

Relazione generale e tecnica

Relazione geologica

(ai sensi del T.U. 11/12/1933 n. 1775
e del Regolamento Regionale 24/03/2006 n. 2)

richiedenti

***Guerrini Maria Teresa, Guerrini Alessandra,
Guerrini Laura, Guerrini Giuseppe***

firma dei richiedenti



marca da bollo 1,81 €

7 dicembre 2011



INDICE

1. RELAZIONE GENERALE	3
1.1 Premessa	3
1.2 Attuale disponibilità di risorse idriche e ciclo dell'acqua	3
1.3 Utilizzazione e destinazione delle acque estratte	4
1.4 Fabbisogno quantitativo d'acqua	5
1.2 Vincoli ambientali e urbanistico-territoriali	6
2. RELAZIONE GEOLOGICA (ex D.M. 11.03.1988)	7
2.1 Inquadramento geografico	7
2.2 Lineamenti geomorfologici, geologici e d'uso del suolo	7
2.3 Elementi idrografici e idrologici	9
2.4 Caratteristiche idrogeologiche e piezometria	11
2.5 Vulnerabilità degli acquiferi	13
2.6 Il Piano di Tutela e uso delle Acque regionale	14
3. CARATTERISTICHE TECNICO-COSTRUTTIVE DEL POZZO	15
3.1 Determinazione del raggio di influenza del pozzo	19
4. CONCLUSIONI	23

ELENCO ALLEGATI

1. Corografia (scala 1:25.000 e 10.000) e mappa catastale con ubicazione pozzo (scala 1: 2.000) con visure
2. Carta geologica (scala 1: 100.000)
3. Stratigrafie dei pozzi limitrofi
4. Carta delle isopieze con ubicazione tracce sezioni (scala 1: 25.000) e Sezioni idrogeologiche
5. Stratigrafia del pozzo e caratteristiche delle opere accessorie
6. Allegato fotografico
7. Individuazione del comprensorio irriguo e ciclo dell'acqua (scala 1:10.000 su CTR; scala 1:2.000 su base catastale) e certificati catastali particellari (visure dei terreni irrigati); Relazione Agronomica ai sensi del R.R. 24 marzo 2006 n. 2, art. 6, comma 3, lettera b (a firma del dott. agronomo Walter Vailati);



1. RELAZIONE GENERALE

1.1 Premessa

Su incarico dei sigg. Guerrini Maria Teresa, Guerrini Alessandra, Guerrini Laura e Guerrini Giuseppe viene redatta la presente Relazione Tecnica e Geologica, in accompagnamento alla richiesta di rinnovo di derivazione di acqua pubblica sotterranea ad uso irriguo da un pozzo già presente e ubicato in territorio di Ricengo, in località Cascina Obizza.

Il rinnovo della concessione alla derivazione¹ viene avanzato in variante e con subentro per un prelievo totale annuo di circa 356.400 m³, pari a moduli 0,225 (22,54 l/sec su 183 giorni), ed una portata massima pari a 100 l/sec. Questo pozzo a uso irriguo è asservito all'irrigazione della quasi totalità dei terreni di proprietà, a impinguamento delle erogazioni disponibili dalla rete superficiale di natura consortile (Roggia Camisana).

1.2 Attuale disponibilità di risorse idriche e ciclo dell'acqua

Nello specifico, il piano di produzione delle Aziende conduttrici prevede la rotazione delle seguenti colture: mais da granella, silo-mais ed erbai per un totale di **44.05.19 ha** sistemati a spianata lombarda come si evince dalla Relazione Agronomica all'allegato 7 (la sup utile è pari a 43.95.00 ha).

L'irrigazione dei terreni in oggetto viene effettuata derivando acqua dal canale consortile, che serve il comprensorio irrigato nella modalità indicata (il dettaglio dei singoli appezzamenti è esposto nell'allegato catastino irriguo):

- **43.95.00 ha irrigati con acque della Roggia Camisana + pozzo**

L'opera di presa sotterranea, posizionata esattamente all'estremità nord del rispettivo comprensorio di proprietà Guerrini in maniera tale da poterlo agevolmente servire nella sua totalità, alimenta la rete irrigua proveniente da nord-ovest e formata dalla Roggia Camisana e dai rami derivati privati inter e intraziendali. L'ubicazione del pozzo è stata per l'appunto originariamente scelta in maniera tale da poter impinguare agevolmente la rete irrigua già presente, oltre ad essere agevolmente raggiungibile attraverso la strada interpoderale che si dirama dalla S.P. Bottaiano-Camisano.

A valle del pozzo la distribuzione delle acque prelevate avviene dapprima con convogliamento in un cavo privato interaziendale, e da questo nell'alveo della Roggia Camisana (nelle sole ore di competenza secondo la scansione oraria in turno e durata prevista dal relativo consorzio per l'utenza Guerrini; è previsto anche l'utilizzo del pozzo in fasce orarie eccedenti il turno della Roggia Camisana, in questo caso senza occupazione dell'alveo della medesima e dei bocchelli consortili, ma solo veicolando l'acqua prelevata

¹ rilasciata con Decreto di Concessione 26 giugno 2002 n. 12134 (BURL 1° Suppl. Straordinario al n° 30 del 23/06/2002) ai sigg. Guerrini Giuseppe, Guerrini Laura, Guerrini Cilio.



dal pozzo nella rete privata di proprietà), indi in una serie di canaline, parte in terra battuta e parte in cemento, interaziendali. Da queste l'acqua viene prelevata e sollevata meccanicamente a mezzo di turbine mobili agganciate alle trattrici agricole e da queste azionate, così da permettere l'irrigazione secondo il metodo a scorrimento tipico della pianura cremasca. Le acque di colatura residue, la cui portata non è in alcun modo quantificabile, vengono restituite alla rete di colo presente a valle.

Si ritiene utile specificare che il turno orario secondo la ruota della Roggia Camisana spettante all'Utenza Guerrini per le superfici afferenti anche al pozzo, pari a totali 44.05.19 ha (di cui utili 43.95.00), è pari a **14 ore di irrigazione in ruota di 15 giorni, ripetuti per 6 turni irrigui all'anno.**

I volumi disponibili annualmente dalla rete irrigua superficiale ipotizzando una portata di 130 l/sec sono così stimati:

TOTALE: 39.312 m³/stagione irrigua

1.3 Utilizzazione e destinazione delle acque estratte

Pur cercando di limitare al minimo i prelievi dalla falda freatica, il pozzo in esame costituisce l'indispensabile approvvigionamento a scopo irriguo presente per i terreni, non essendo sufficienti gli apporti dalla rete idrografica superficiale (che come riferiscono i conduttori dei terreni ceduti in affitto dalla proprietà Guerrini sono molto scarsi e del tutto insufficienti). Ne consegue che il volume totale annuo prelevato dal serbatoio sotterraneo dovrà colmare buona parte del deficit colturale derivante dal fabbisogno totale delle colture in atto, sottratto del volume disponibile e stimato dalla rete superficiale.

È noto, del resto, che il ciclo di crescita del mais richieda elevate quantità di acqua concentrate in brevissimi periodi per garantire una resa economicamente soddisfacente. Qualora infatti nel periodo critico non dovesse essere possibile un'irrigazione soddisfacente potrebbe venire compromessa la resa complessiva della coltura.

Il ciclo di distribuzione dell'acqua prevede l'immissione dei volumi emunti dal pozzo senza apportare alcuna modifica alle modalità già in atto e consolidate negli anni, per mezzo della già presente rete irrigua intra e interaziendale (che proviene da nord-ovest, veicolando le acque già disponibili dalla Roggia Camisana) e poi distribuiti, analogamente a quanto già avviene, a tutti gli appezzamenti indicati di proprietà, irrigati con il metodo a scorrimento sia su superficie totale che a infiltrazione laterale da solchi, posizionando via via la turbina nei fossi procedendo da monte verso valle e spostando le paratoie nei fossi e nelle irrigatrici private in modo da raggiungere capillarmente ogni superficie coltivata.

Non è prevista la realizzazione di nessun nuovo elemento di trasporto e distribuzione delle acque emunte dato che la collocazione prevista per il pozzo permette ancora di sfruttare in toto la rete irrigua già presente senza doverla in alcun modo modificare, diminuendo in questo modo sia i costi che, soprattutto, l'impatto sull'ambiente.



1.4 Fabbisogno quantitativo d'acqua

Dato che i piani colturali aziendali prevedono la rotazione di mais da granella, silo-mais ed erbai, il fabbisogno idrico è stato calcolato riferendosi alle superfici mediamente destinate alle rispettive colture. Vengono qui riportati i risultati estratti dalla relazione agronomica (allegato 7) ottenuti dal calcolo dei volumi di adacquamento alla derivazione, del fabbisogno idrico delle colture, dall'efficienza della distribuzione di campo e dalla dotazione specifica media, il tutto su base media stagionale estiva (183 giorni).

Si prevede che per l'irrigazione dei terreni, oltre alle derivazioni superficiali disponibili, sia necessario, per ogni stagione irrigua, un volume d'acqua prelevato dal pozzo corrispondente ad una portata media di 22,54 l/s (prelievo totale 356.400 m³); tale portata, però, è stata calcolata considerando un utilizzo continuativo teorico della pompa per tutta la durata della stagione irrigua secondo il regolamento vigente, pari a 183 gg.

In realtà per il soddisfacimento del fabbisogno irriguo estivo sono necessari 6 adacquamenti, per un numero di giorni inferiore ai 183 totali e pari a 41.

Al fine di maggiore chiarezza viene pertanto fornito il seguente quadro sinottico circa le modalità di derivazione:

- **fabbisogno totale stagionale: 395.550 m³ = 395.550.000 litri**
- **disponibilità di acqua superficiale: 39.312 m³**
- **deficit da colmare tramite pozzo: 356.238 m³, su 43.95.00 ha (prelievo reale 356.400 m³)**
- **portata media stagionale su 183 giorni: 22,54 l/sec = 0,225 moduli**
- **numero adacquamenti: 6**
- **ore totali per adacquamento: 165**
- **ore totali stagionali di irrigazione: 990 (6 x 165) = 41 giorni**
- **superficie irrigua con pozzo: 44.05.19 ettari (S.A.U. 43.95.00 ettari)**
- **prelievo o portata massima di derivazione: 100 l/sec**
- **portata media per ettaro: 0,51 l/s/h (relativa al solo prelievo da pozzo)**
- **portata media per ettaro: 0,56 l/s/h (relativa al prelievo da roggia e da pozzo)**



1.2 Vincoli ambientali e urbanistico-territoriali

Nell'area su cui si richiede l'autorizzazione al rinnovo della concessione di derivazione idrica dal pozzo esistente, a seguito di una verifica effettuata presso l'Ufficio Tecnico del comune di Ricengo, non sono stati individuati particolari vincoli ambientali e urbanistico-territoriali che possano regolare o impedire la perforazione di pozzi o il rilascio di concessioni di derivazione d'acqua da pozzi.

L'ubicazione del pozzo rispetta tutte le distanze previste per legge, e in particolare:

- in una fascia estesa a 200 m dal pozzo esistente non sono presenti pozzi per approvvigionamento idropotabile pubblico, così come imposto dal D.P.R. 236/1988 e dal D.L. 152/1999 (allegato 3); i pozzi comunali più vicini si trovano a più di 1100 m di distanza a sud-ovest al margine del centro urbano di Bottaiano e 2.500 m a nord verso Camisano;
- il pozzo si trova a distanza superiore a 10 m degli alvei dei corsi d'acqua classificati pubblici dalle vigenti norme e che scorrono nella regione, mentre gli eventuali fossi irrigui e di colto presenti nell'intorno del pozzo rappresentano diramazioni private e secondarie della rete idrografica locale, pertanto privi di fasce di rispetto ai sensi delle vigenti norme sul c.d. Reticolo Idrico Minore e peraltro in uso all'Utenza Guerrini per il convogliamento delle acque derivate dal pozzo;
- il pozzo si trova a distanza superiore a 50 m da teste di fontanile attive; la più prossima di queste si trova a distanza di 1.2 km verso sud-est, pertanto abbondantemente al di fuori dell'area di influenza del pozzo (si tratta del fontanile n. 148 "Cà Nova" del censimento della Provincia di Cremona).

2. RELAZIONE GEOLOGICA (ex D.M. 11.03.1988)

2.1 Inquadramento geografico

Il pozzo si trova ad una quota di 90 m s.l.m. circa, nella pianura a nord dell'abitato di Bottaiano, frazione di Ricengo (allegato 2 e figura 1), presso la C.na Obizza. L'area è inquadrata nei fogli C6c3 e C6c4 della Carta Tecnica della Regione Lombardia, alla scala 1:10.000. Catastalmente il pozzo si trova sul mappale n. 38 (ex 39) del foglio 1 del comune censuario di Ricengo. Le coordinate geografiche del punto di presa rilevate dalla cartografia CTR sono le seguenti: **1557962E – 5030180N**. Si segnala che il manufatto di protezione del pozzo risulta individuato e indicato anche sulla cartografia CTR.

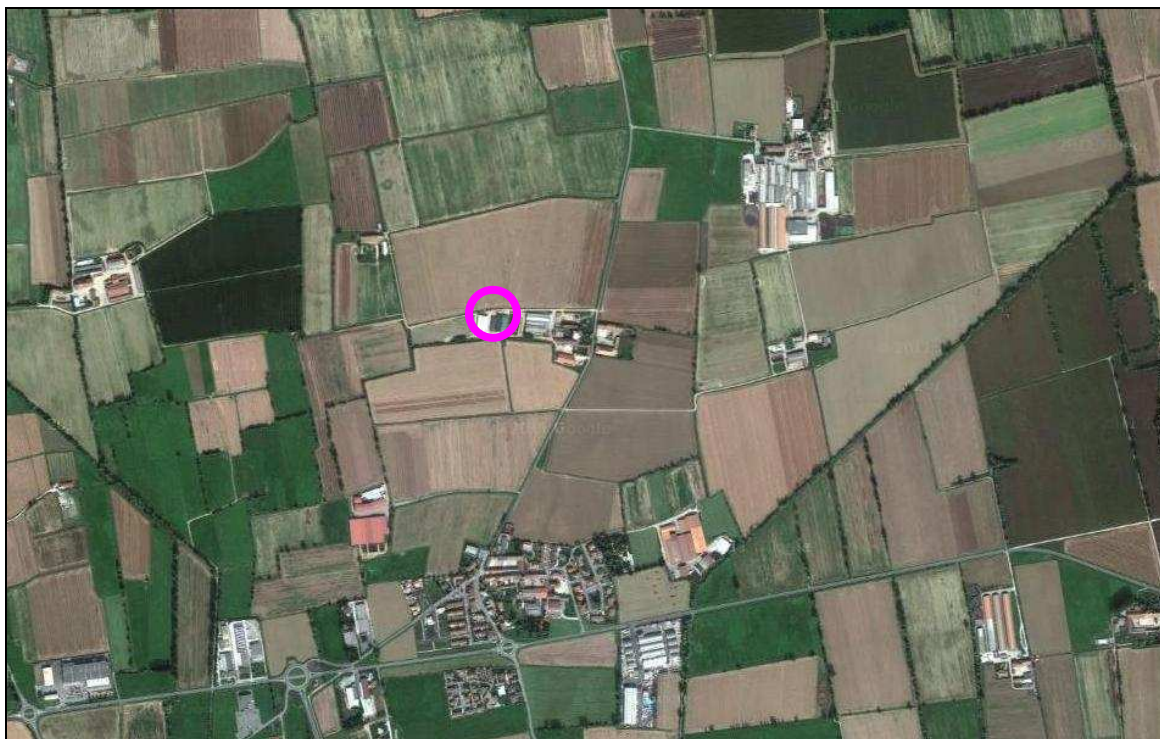


Figura 1 : veduta aerea dell'area di ubicazione del pozzo, collocato a nord del centro urbano della frazione Bottaiano; in evidenza l'area in cui sorgono la C.na Obizza e il pozzo.

2.2 Lineamenti geomorfologici, geologici e d'uso del suolo

Dal punto di vista geologico l'area si inserisce all'interno di un panorama caratterizzato dalla presenza di depositi di origine fluvioglaciale, legati all'attività del bacino del fiume Serio.

Dal rilevamento effettuato in un intorno significativo dell'area di interesse è emerso che l'elemento morfologico principale è costituito dalla pianura terrazzata, percorsa alle quote topografiche più depresse dal fiume Serio. La presenza dei diversi terrazzamenti è la testimonianza di eventi geologici (erosioni alternate a sedimentazioni) legati all'attività del corso d'acqua e alla sua evoluzione durante le ere geologiche fino all'epoca presente.



Le scarpate e gli orli di terrazzo, degradanti verso il fiume e in alcuni casi ancora ben evidenti, sono spesso modificate nel loro andamento, quando non obliterate completamente dalle attività agricole e dagli interventi umani, che hanno mascherato la situazione originale appianando i dislivelli.

Facendo un comodo riferimento al Foglio n. 46 "Treviglio" della Carta Geologica d'Italia (allegato 2) è possibile osservare che le alluvioni costituenti il Livello Fondamentale della Pianura risultano incise dai diversi affluenti del Po che, dopo una fase erosiva, sono passati in fase sedimentaria formando una serie di depositi grossomodo paralleli al corso d'acqua. A seguito dell'alternarsi ripetuto di periodi di deposito e fasi di erosione si ha la formazione di una serie di terrazzi morfologici, comunque molto lontani e geograficamente posti ad ovest dall'area in esame, caratterizzata dalla presenza di alluvioni di origine fluvio-glaciale ghiaioso-sabbiose ricoperte da uno strato di alterazione generalmente inferiore al metro (allegato 2, sigla fg^{wr}), riconducibili unicamente al Livello Fondamentale della Pianura, o Piano Generale Terrazzato. L'abitato di Bottaiano, come tutta la pianura circostante a sud e a nord (ove ricade il pozzo in esame), sorgono su questa unità.

Per ragioni di completezza si riportano le definizioni delle unità che affiorano spostandosi verso ovest, in corrispondenza dei terrazzi morfologici sopraccitati che delineano la valle del fiume Serio, distanti comunque almeno 2 km dall'area di studio. Partendo dalle quote topografiche superiori è possibile distinguere con facilità:

- Terrazzo intermedio, a quote inferiori rispetto al precedente e costituente un areale sviluppato longitudinalmente su entrambe le sponde del fiume e ben riconoscibile perché marcato verso l'esterno da orli di terrazzo stabili e dell'ordine di 2-4 m; si tratta di depositi più recenti di quelli del Livello Fondamentale e litologicamente costituiti da ghiaie e sabbie grigie, non alterate, con presenza di ciottoli. L'argilla, come mettono in evidenza le stratigrafie dei pozzi, è sostanzialmente assente fino alla profondità di 50 m da p.c., salvo locali coltri superficiali a limitata continuità laterale ed esiguo spessore;
- Valle alluvionale attuale del fiume Serio, costituita dai depositi più prossimi all'alveo del fiume che scorre in posizione assiale, litologicamente simili ai precedenti essendo costituiti da ghiaie grossolane miste a sabbia e ciottoli di dimensioni notevoli.

Interessante osservare come il fiume Serio scorra nell'attuale alveo non incassato nel Livello Fondamentale della Pianura a costituire una valle fortemente depressa e incisa simile a quella dell'Adda e dell'Oglio, bensì in posizione, che è stata definita dagli studiosi della morfologia della Pianura Padana, pensile, legata a dinamiche tettoniche che lo portano in alcuni tratti a re incidere le proprie alluvioni anziché scavare o approfondire la propria valle nella pianura circostante.

Non è stato rilevato alcun tipo di processo di rimodellamento geomorfologico, erosione o instabilità in atto. Ai sensi dell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003, recante



"Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica" (G.U. n. 105 del 8.5.2003), allegato 1, il territorio comunale di Ricengo è classificato in **zona 4**, a conferma della sostanziale stabilità geologica dell'area.

Il paesaggio essenzialmente agricolo dell'area esaminata è dominato dalla presenza di aziende agricole con orientamento zootecnico. I terreni agrari della zona vengono ampiamente utilizzati per lo spandimento dei liquami provenienti dagli allevamenti presenti e sono diffusamente adibiti alla monocoltura da mais. Si segnala anche la sporadica presenza di prati permanenti, favoriti dalla fitta rete di canali irrigui, fossi colatori e risorgive naturali, impostati sul descritto ampio tavolato, costituente il Livello Fondamentale della Pianura, geomorfologicamente piuttosto omogeneo e monotono nelle sue peculiarità, privo di zone rilevate o depresse degne di nota, marcato da una sostanziale regolarità planoaltimetrica. In linea generale quindi la morfologia dell'ambito territoriale in esame è fondamentalmente caratterizzata dall'assenza di rilievi e depressioni di notevole rilevanza, dato che, come detto, la monotonia del citato Livello Fondamentale della Pianura viene interrotta dalle descritte forme morfologiche secondarie che costituiscono gli unici movimenti del paesaggio, talvolta però di non trascurabile interesse.

2.3 Elementi idrografici e idrologici

L'area di pianura oggetto di studio è percorsa da una fittissima rete idrografica di impronta marcatamente antropica, interamente adibita alle attività di irrigazione dei campi e al successivo colto e smaltimento delle acque in eccesso derivanti dalla pratica irrigua per scorrimento, mediante anche la presenza di numerosissimi fontanili.

L'unico corso d'acqua di origine naturale è il fiume Serio che costituisce l'elemento morfologico-territoriale caratterizzante il paesaggio. Il suo corso, che dista più di 2 km dall'area di studio, segue un andamento nord-sud con caratteristiche, nel percorso pianeggiante, ben distinte a seconda del tratto. Nella parte nord, coincidente con il territorio bergamasco, il fiume presenta un ampio greto ghiaioso e brullo, suddiviso in vari rami intrecciati (braided), spesso modificati dalle piene di origine meteorica, che consente alle acque fenomeni di inabissamento nel subalveo. Il fenomeno termina all'incirca all'inizio del territorio cremasco (amministrativamente parte della provincia di Cremona) dove il fiume assume un andamento meandriforme e un notevole restringimento dell'alveo con incisione più accentuata (valle a cassetta). Questa diversità di andamento è dovuta principalmente alla diversa granulometria dei materiali che distinguono l'alta dalla bassa pianura. Nell'alta pianura il materiale grossolano consente una maggiore infiltrazione dell'acqua in falda e riduce la presenza di una rete idrica superficiale. Nella bassa pianura invece sabbia e limo bloccano l'infiltrazione e danno origine anche al fenomeno delle risorgive (fontanili) creando una fitta rete idrica da queste alimentata.

L'alta provincia di Cremona compresa tra Adda e Oglio (che nel caso in esame si circoscrive al settore compreso tra Serio e Oglio), da sempre terra di risorgive, per secoli ha saputo avvalersi di questo singolare fenomeno idrogeologico, captando ed incamiciando polle sorgive affinché concentrassero l'emungimento della falda freatica in punti prestabiliti.

In particolare la fascia delle risorgive interessa solo la parte settentrionale della Provincia di Cremona giungendo, verso sud, circa sino alla linea Dovera – Crema – Romanengo (figura 2). I fontanili hanno origine dalle acque di risorgiva che affiorano in superficie in corrispondenza del passaggio dai sedimenti grossolani e permeabili (ciottoli e ghiaie) dell'alta pianura a quelli più fini e impermeabili (limi e argille) della bassa. Le risorgive caratterizzano un'ampia fascia a nord del Po di larghezza variabile tra i 15 e i 40 km. In particolare le acque sorgive sono acque di prima falda, che scorre più prossima alla superficie topografica, alimentata a monte da estesi fenomeni di percolazione.

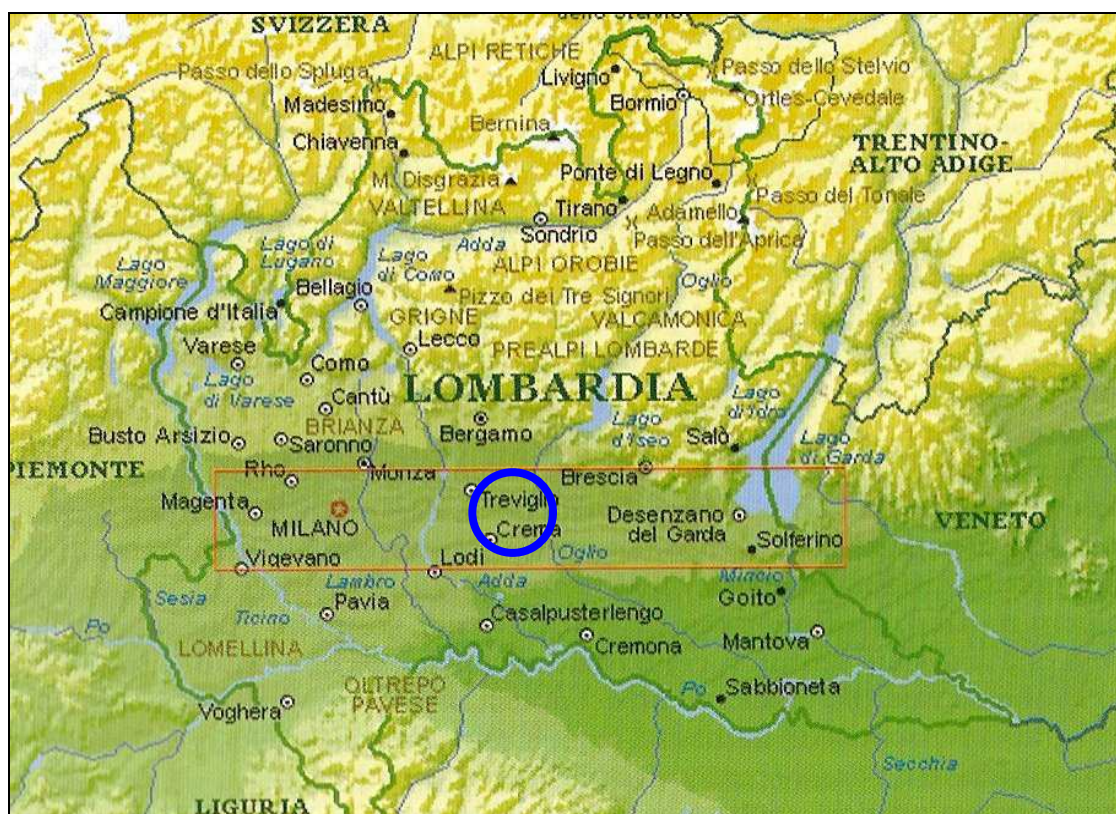


Figura 2: la fascia dei fontanili nel territorio lombardo, con evidenziata la regione di Ricengo.

L'origine dei fontanili, così come noi li conosciamo, si colloca presumibilmente nel XII secolo, come effetto di azioni di bonifica di aree paludose che si formavano in presenza di risorgive naturali. Dai dati paleogeografici disponibili si ritiene che la linea inferiore dei fontanili, ai tempi del basso medioevo, fosse un poco più meridionale rispetto a quella ora convenzionalmente individuata.



Dai censimenti commissionati a suo tempo dal Settore Ambiente della Provincia di Cremona, attuati tra il 1998 e il 2003 e terminati nel 2004, ne è scaturita l'immagine di un patrimonio territoriale che, seppur impoverito sensibilmente rispetto a qualche decennio addietro, rimaneva comunque piuttosto consistente. Ad oggi, invece, colpa della non sufficiente consapevolezza per difendere un patrimonio collettivo di inestimabile valore da un declino che trova le sue cause principali in un uso squilibrato, se non decisamente insostenibile, del territorio e delle sue risorse, il patrimonio territoriale citato risulta ulteriormente decimato; molte delle risorgive un tempo segnalate come attive non lo sono più, in parte per localizzati fenomeni di abbassamento del livello di falda, altrove per interrimento e/o per mancata manutenzione. Diverse teste di fonte sono localizzate nella regione circostante il pozzo in esame.

2.4 Caratteristiche idrogeologiche e piezometria

In linea generale il quadro idrogeologico locale appare, in analogia con l'intero territorio padano a sud delle Alpi, fortemente predisposto alla formazione di falde acquifere sovrapposte. La monotona anche se imprevedibile presenza di una successione di livelli permeabili e impermeabili e l'andamento sostanzialmente monoclinale del pacco alluvionale complessivo costituiscono i fondamentali fattori predisponenti di questa situazione, nella quale si individua un acquifero molto superficiale a pelo libero, seguito in profondità da più falde sovrapposte generalmente in pressione. L'acquifero superficiale, che assume una potenza rilevante nel saturare e intridere d'acqua il sottosuolo, mantiene il proprio pelo libero a breve distanza dalla superficie topografica, con una soggiacenza attestata quasi costantemente a pochi metri di profondità (in media 3-4) in corrispondenza di C.na Obizza a Ricengo.

Sulla base delle stratigrafie dei pozzi reperite e raccolte in allegato 3, e con il riscontro dello *Studio Idrogeologico della Provincia di Cremona* (Associazione Cremona Ambiente, 1992), è possibile delineare, con un'approssimazione accettabile e considerando l'unico ambiente deposizionale presente in questo ambito territoriale (Livello Fondamentale della Pianura), la successione delle diverse litozone a nord di Bottaiano (allegato 4, sezioni 2-2', F-F' e G-G'):

- litozona superficiale: ospitante la falda acquifera freatica più superficiale, è formata da sedimenti di medio-alta permeabilità, a componente ghiaiosa dominante, con alternanze di livelli a sabbia e ghiaia fine, a tratti ricoperti da una coltre limoso-argillosa piuttosto continua spessa 1-3 m, non rinvenuta nell'area in esame. Lo spessore di tale litozona, nell'intorno dell'area di studio, varia tra i 40-55 m, oltre i quali la disponibilità di acqua si riduce. Questa falda, alimentata sia direttamente dalla superficie oltre che dal deflusso sotterraneo, che ha la sua zona di alimentazione nelle conoidi pedemontane bresciane e bergamasche, fluisce verso l'alveo dei fiumi principali (Serio) e dei corsi d'acqua (Serio Morto, Lisso), che ne costituiscono il livello idrogeologico di base controllandone le alterne fasi di alimentazione o drenaggio. Costituisce inoltre l'acquifero di alimentazione delle risorgive.



- seconda litozona: la disponibilità d'acqua, contenuta in acquiferi dotati di semiartesianità ma non protetti e completamente isolati dai sistemi idrogeologici freatici più superiori, si riduce sensibilmente in quanto le litologie divengono prevalentemente limoso-argillose con sottili e sporadiche intercalazioni di sabbia e ghiaia fine non sufficienti a garantire una portata idrica significativa. La profondità di tale litozona raggiunge i 70-90 m da p.c.
- terza litozona: oltre i 90 m di profondità è possibile presumere, all'interno dei sedimenti limoso-sabbiosi o argillosi a bassa permeabilità, la presenza di intervalli di sabbia e ghiaia di varia estensione laterale e potenza, ospitanti acquiferi artesiani dotati di buone potenzialità, isolati o protetti da eventuali carichi inquinanti provenienti dalla superficie e potenzialmente sfruttabili per scopi idropotabili.

In linea generale in tutta la regione circostante la frazione di Bottaiano la falda si presenta piuttosto superficiale e ha un effetto di alimentazione nei confronti delle acque superficiali. Dalle stratigrafie dei pozzi in allegato 3, si evince come l'idrozona superficiale sia estesa almeno fino a 50 m di profondità dal piano campagna. Oltre tale profondità si incontra un primo potente e continuo banco argilloso in grado di esercitare la funzione di separazione tra il circuito superficiale e quelli sottostanti. E' invece dimostrato invece che i primi e più superficiali orizzonti argillosi, di spessore incostante, perdano la loro continuità laterale in direzione E-W e verso la valle del Serio, a causa delle vacuità erosive originatesi nel passato geologicamente più recente.

L'elaborazione idrogeologica condotta (figura 3) mostra che la falda in prossimità del pozzo in esame mantiene una direzione di scorrimento prevalente verso sud, con flusso sotterraneo localmente influenzato dall'effetto drenante del fiume Serio e profondità media rispetto al piano campagna di 3-4 m circa.

La profondità della falda non si mantiene costante durante il corso dell'anno, anzi proprio in questa zona, come in gran parte della campagna adibita alla coltivazione intensiva del mais, dove viene praticata l'irrigazione per scorrimento, risente di variabili stagionali quali appunto le irrigazioni estive e in subordine di lunghi periodi di forti precipitazioni. L'influenza dei cicli irrigui è data da un duplice controllo, il primo dei quali direttamente legato alla pratica dello scorrimento con conseguente infiltrazione nel sottosuolo di parte dei volumi idrici in ruscellamento sugli appezzamenti agricoli, il secondo dovuto agli abbassamenti dei livelli piezometrici innescati dal funzionamento dei pozzi a scopo irriguo presenti nell'area.

Il pozzo in esame è stato limitato alla litozona superficiale e a una profondità di 55 m da p.c., così da garantire portate soddisfacenti ai fabbisogni senza intaccare gli acquiferi meno vulnerabili della seconda litozona, e soprattutto quelli della terza litozona, che possono anche essere captati a scopo idropotabile pubblico (allegato 4). Nelle aree più prossime sono presenti altri pozzi superficiali a uso prevalente zootecnico e in subordine igienico-sanitario e antincendio.

Il pozzo in esame si mantiene interamente all'interno dell'acquifero superficiale freatico, così come suggerito dalla D.G.R. V/22502 del 13 maggio 1992 e dal più recente P.T.U.A. regionale, anche se la base dell'acquifero superficiale individuata a 70 m circa s.l.m. (pari a 20 m da p.c.) non trova riscontro nelle stratigrafie esaminate e da quanto descritto nel Nuovo Studio Idrogeologico della Provincia di Cremona *"Realizzazione di un modello preliminare del flusso idrico nel sistema acquifero della provincia di Cremona"*, evidenziando la non perfetta orizzontalità e continuità del primo livello argilloso che dovrebbe definire la separazione tra acquifero superficiale e acquifero protetto. Il vicino pozzo comunale di Ricengo (Bottaiano), le altre stratigrafie esaminate e le sezioni idrogeologiche allegate mostrano che l'estensione del primo acquifero è estesa almeno fino a 55 m da p.c.

Il prelievo di acqua dal pozzo non appare tale da pregiudicare e modificare il regime delle falde, vista l'abbondante disponibilità di acqua sotterranea nota nell'area e la facilissima e rapidissima ricarica degli acquiferi ghiaiosi presenti, ricarica peraltro innescata proprio dalle irrigazioni a scorrimento condotte.

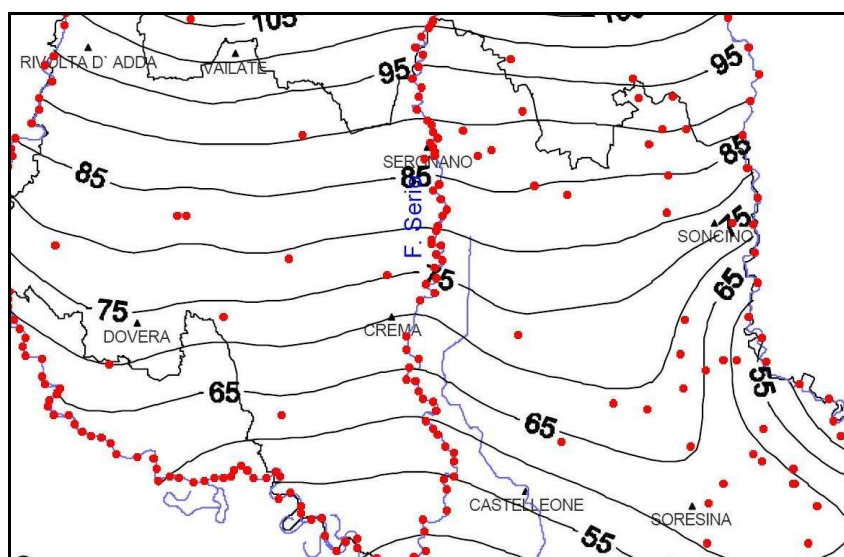


Figura 3: stralcio della tavola della *"Piezometria di riferimento dell'acquifero freatico (equidistanza 5 m)"*, *"Realizzazione di un modello preliminare del flusso idrico nel sistema acquifero della provincia di Cremona"*.

2.5 Vulnerabilità degli acquiferi

La vulnerabilità di un acquifero rappresenta "la possibilità di penetrazione e propagazione, in condizioni normali, nei serbatoi naturali ospitanti la prima falda generalmente libera, di inquinanti provenienti dalla superficie" e dipende da molti elementi: litologia e conseguente grado di permeabilità, copertura superficiale del suolo, profondità della falda, pendenza della superficie topografica.



Dalle carte tematiche della "Vulnerabilità della prima falda in provincia di Cremona" (Quaderni Agro-Ambientali n. 1 – Centro Documentazione Ambientale) risulta che tutta l'area inserita all'interno della valle del Serio è stata classificata ad alta vulnerabilità, mentre una vulnerabilità minore è stata riconosciuta per il Livello Fondamentale della Pianura, grazie alla maggior soggiacenza del pelo libero della falda freatica rispetto al piano campagna. Tuttavia la presenza di suolo eluviale ("coltivo" spesso 20-30 cm) limoso-sabbioso su superfici vastissime può offrire un'ulteriore locale protezione dai fenomeni di inquinamento.

In ogni caso nell'area esaminata non sono stati rilevati fenomeni di inquinamento in atto, né nelle acque sotterranee né in quelle superficiali, nonostante la presenza di numerosi allevamenti di suini e bovini con i relativi impianti di stoccaggio dei liquami e le conseguenti attività di spandimento nei campi. In linea generale, vista la presenza di una falda a bassa soggiacenza, del fenomeno delle risorgive e di un primo sottosuolo a elevata permeabilità stante la composizione ghiaiosa dei sedimenti, la vulnerabilità nell'area può essere definita alta. In ogni caso il semplice sfruttamento delle acque prelevate meccanicamente dal pozzo non costituisce in alcun modo minaccia alla salute delle acque sotterranee nell'area.

2.6 Il Piano di Tutela e uso delle Acque regionale

Si ritiene utile riportare quanto prevede per l'area in esame il recente Piano di Tutela e Uso delle Acque della Regione Lombardia (D.G.R. 29 marzo 2006, n. 2244), in merito alla classificazione del territorio lombardo in bacini idrogeologici con i relativi corpi idrici sotterranei.

CARTOGRAFIA DI PIANO

- TAVOLA 3, Corpi idrici sotterranei e bacini idrogeologici di pianura: il territorio in esame ricade nel Settore n. 8 "Romanengo" del bacino idrogeologico denominato Adda-Oglio. Secondo quanto riportato in tale elaborato l'acquifero superficiale nella zona è limitato a una profondità di poco meno di 70 m s.l.m., pari a circa 20 m da p.c. (sebbene non confermato dalle stratigrafie e dalle sezioni esaminate ed elaborate dagli scriventi).

- TAVOLA 4, Classificazione dei corpi idrici sotterranei significativi – Stato quantitativo dei corpi idrici sotterranei ai sensi del D.Lgs. 152/99 e succ. modif. e integr.: l'area in esame ricade in Classe A, con impatto antropico nullo o trascurabile con condizioni di equilibrio idrogeologico. Alterazioni della velocità naturale sono sostenibili sul lungo periodo.

- TAVOLA 9, Aree di riserva e di ricarica e captazioni ad uso potabile: il territorio di Ricengo compreso nei bacini idrogeologici di pianura ricade nella macroarea di riserva.

Gli uffici competenti della Provincia di Cremona hanno recentemente recepito, in sostituzione al PTUA, un nuovo studio idrogeologico sul sottosuolo della Provincia di Cremona intitolato **"Realizzazione di un modello preliminare del flusso idrico nel sistema acquifero della provincia di Cremona"** a cura

dell'Università degli Studi di Milano. Come indicato nella figura sottostante, la base dell'acquifero freatico viene individuata attorno a 35 m s.l.m. pari a 55 m di profondità da p.c., quota nettamente inferiore rispetto a quanto indicato dal PTUA.

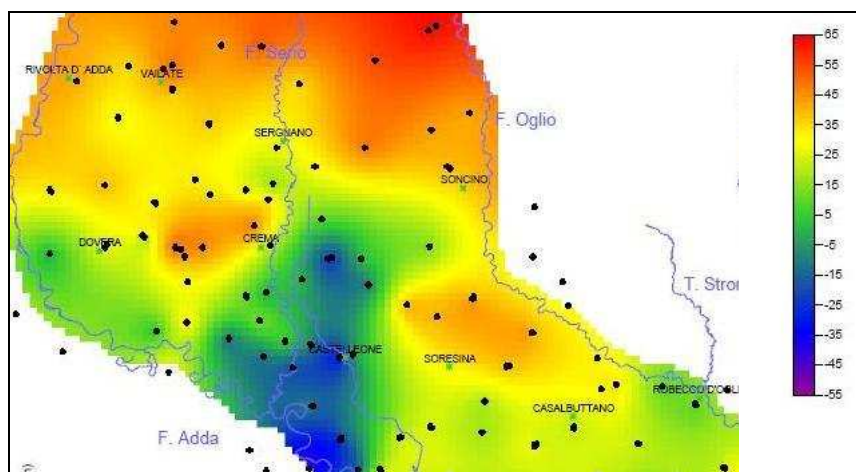


Figura 4: stralcio della tavola della "Quota della base dell'acquifero freatico equivalente, coincidente con la superficie di separazione tra la porzione superficiale e quella profonda del sistema acquifero", estratto da "Realizzazione di un modello preliminare del flusso idrico nel sistema acquifero della provincia di Cremona".

3. CARATTERISTICHE TECNICO-COSTRUTTIVE DEL POZZO

Il pozzo si trova a una quota indicativa di 90 m s.l.m. circa; l'area è inquadrata nel foglio C6c3 della Carta Tecnica della Regione Lombardia, alla scala 1: 10.000 (allegato 1). Catastralmente il pozzo si trova sul mappale n. 38 (nel quale è confluito l'originario 39) del foglio 1 del comune di Ricengo; si specifica che il mappale soppresso n. 39 (oggi accorpato al 38) corrisponde esattamente all'area occupata dal pozzo, mentre l'adiacente mappale n. 38 individuava in origine la cabina adiacente che ospita il locale tecnico con il quadro elettrico e le strumentazioni di controllo del pozzo. I due mappali insistevano all'interno del mappale n. 22, di proprietà dei richiedenti e oggetto di irrigazione.

Le coordinate geografiche del punto di presa rilevate dalla cartografia CTR sono le seguenti:

1557962E – 5030180N.

L'**ubicazione** si rivela compatibile con le esigenze idrografiche della rete irrigua che deve essere impinguata e del comprensorio che deve essere servito e rispetta tutte le distanze previste per legge:

- distanza maggiore di 10 m dai corsi d'acqua iscritti all'Elenco delle Acque Pubbliche e al Reticolo Idrico Principale (R.D. 523/1904 e R.D. 368/1904),
- distanza superiore a m 200 dai pozzi pubblici potabili (D.P.R. 236/1988, D.L. 152/1999 e D.G.R. 7/12693 del 10/04/2003),
- distanza superiore a m 50 dalle teste di fontanile.



Si rammenta che il pozzo è destinato all'impinguamento delle acque vive erogate in ruota oraria (durata 14 ore ogni 15 giorni) tramite la R. Camisana alle superfici afferenti alla proprietà Guerrini.

Il pozzo, per il quale è stata concessa l'autorizzazione allo scavo dall'allora competente Genio Civile di Cremona della Regione Lombardia con provvedimento n. 9147 del 24/10/1962, è stato realizzato nel 1964 e raggiunge la **profondità** di 55 m da p.c. (a conferma di quanto indicato nell'elenco allegato al Decreto Regione Lombardia n. 12134 del 26/06/2002): non si tratta di profondità tali da intercettare gli acquiferi profondi o protetti. Il pozzo si mantiene all'interno dell'acquifero superficiale freatico libero e non interferisce con risorse classificate come qualificate dalla pianificazione regionale del settore. Diversamente da quanto indicato nel decreto di concessione in scadenza (disciplinare tipo A1) e alla luce delle più aggiornate conoscenze nel settore esposte nel capitolo che precede, il pozzo è non solo limitato al primo acquifero libero e superficiale (freatico, non protetto), ma sebbene presenti diversi tratti filtranti collocati a varie profondità, non deve più essere considerato della tipologia cosiddetta multi-falda secondo la più recente pianificazione provinciale.

Si ritiene però doveroso approfondire il tema poiché la lettura della stratigrafia del pozzo mostra la presenza di uno strato argilloso esteso da 25 a 45 m di profondità, oltre il quale compare un livello di ghiaia fine, posto in captazione da un filtro profondo, che è con buona probabilità quello che ha portato all'originaria classificazione del pozzo come multi-falda e quindi al collegato disciplinare A1. La circostanza sembrerebbe quindi dare ragione allo Studio regionale (PTUA) a svantaggio di quello provinciale citato: sulla scorta di ciò, questo potente orizzonte acquifero potrebbe quindi anche essere interpretato come l'orizzonte base del primo acquifero e allo stesso tempo quello di separazione tra acquiferi idraulicamente separati. Al fine di comprendere l'estensione e la continuità laterale di tale orizzonte vengono in ausilio le stratigrafie dei pozzi limitrofi e le sezioni idrogeologiche disponibili in letteratura. La lettura integrata di questi dati mostra che lo stesso orizzonte risulta assai più limitato nel pozzo n. 1 di Camisano posto 2 km a nord e fuori mappa (argilla estesa da 45 a 50 m, per poi riprendere a 53 m) e di diverso spessore nel pozzo comunale di Bottaiano più vicino (argilla estesa da 27 a 40 m, per poi riprendere a 54 m), mentre le sezioni idrogeologiche mostrano un primo orizzonte acquifero permeabile esteso uniformemente su ampia scala fino a circa 50 m di profondità, e gli intervalli argillosi superiori, inclusi al suo interno, di spessore variabile e scarsa continuità laterale. Addirittura tra Casale Cremasco e Casaletto di Sopra l'orizzonte di interesse risulta assottigliarsi fino a scomparire spostandosi verso est, per poi ricomparire in territorio di Casaletto di Sopra con forma lenticolare (a ulteriore conferma del carattere di forte discontinuità laterale che lo stesso presenta). Inoltre in corrispondenza della valle seriana tale orizzonte risulta del tutto assente a causa della vacuità erosiva generata dal fiume in età recente (Olocene superiore). A giudizio degli scriventi pertanto il dato che risulta di sicura attendibilità è quello relativo alla quota compresa tra 50 e 55 m da p.c. come base



del primo acquifero e inizio dell'orizzonte di separazione tra la falda freatica e le risorse protette più profonde.

Le portate richieste in concessione risultano così quantificate (evidenziate la Q totale, media e massima):

- fabbisogno totale stagionale sull'intero comprensorio: $395.550 \text{ m}^3 = 395.550.000 \text{ litri}$
- disponibilità di acqua superficiale: 39.312 m^3
- **deficit da colmare tramite pozzo: 356.238 m^3 , su $43.95.00 \text{ ha}$ (prelievo reale 356.400 m^3)**
- **portata media stagionale su 183 giorni: $22,54 \text{ l/sec} = 0,225 \text{ moduli}$**
- numero adacquamenti: 6
- ore totali per adacquamento: 165
- ore totali stagionali di irrigazione: $990 (6 \times 165) = 41 \text{ giorni}$
- superficie irrigua totale: $44.05.19 \text{ ettari}$ (S.A.U. $43.95.00 \text{ ettari}$)
- **prelievo o portata massima di derivazione: 100 l/sec**
- portata media per ettaro: $0,51 \text{ l/s/h}$ (relativa al solo prelievo da pozzo)

La **portata massima** del pozzo non discende principalmente, come d'uso, dai fabbisogni irriguo/agronomici da soddisfare, bensì dalle caratteristiche intrinseche dell'opera di presa, di vecchia concezione in quanto risalente al 1964, così come dalla pompa a uso irriguo che è stata installata, anch'essa con grado di efficienza ridotto per il medesimo motivo. Ne risulta una **Q max misurata pari a 100 l/sec** . Su questo valore si è pertanto calibrato il regime orario di funzionamento del pozzo, prevedendone un uso continuato per un periodo sufficientemente lungo tale da consentire il prelievo del volume totale necessario (a fronte di una portata di esercizio bassa deve necessariamente essere incrementato il numero totale di ore di prelievo). Per questo motivo il pozzo risulterà in esercizio per 165 ore in ogni turno irriguo, a fronte delle sole 14 ore previste dalla ruota oraria della Roggia Camisana. Le 151 ore eccedenti prevedono l'occupazione di soli cavi privati intraziendali. La **portata media** dovrà in ogni caso soddisfare il fabbisogno irriguo dei **$44.05.19 \text{ ha}$** di terreni destinati all'irrigazione congiunta tramite pozzo e acque superficiali, coltivati a mais granella, silo mais ed erbai e irrigati con il sistema a scorrimento superficiale totale e/o infiltrazione laterale da solchi.

Il pozzo è stato in passato perforato con il **sistema a rotazione a distruzione di nucleo**, con circolazione diretta di fango. Se non a seguito di problemi relativi al sostegno delle pareti del perforo, secondo i dati storici reperiti, non è stato previsto l'utilizzo di una tubazione di rivestimento provvisoria, in quanto la pressione idrostatica della colonna di fango e l'azione intasante del pannello formato sulle pareti dei fori ne impediva il franamento. E' probabilmente stato utilizzato del fango bentonitico, pompato attraverso le aste di perforazione e in risalita nell'intercapedine aste-perforo, con lo scopo di raffreddare e lubrificare lo scalpello, rimuovere e trasportare in superficie i detriti e sostenere le pareti del foro in assenza di rivestimento. L'impiego di fango bentonitico, ancora oggi in uso, non implica rischi di inquinamento degli



acquiferi, data la difficoltà di una sua diffusione in falda grazie alla capacità di formare il pannello sulle pareti del foro così da arrestare il proprio scorrimento nei pori del terreno.

Il **diametro** dello scalpello di perforazione, a rulli e cono (tricono) è stato di 600 mm. La **tubazione definitiva di produzione** in acciaio al carbonio ancora oggi presente ha un diametro pari a **400 mm**. Come previsto dalla D.G.R. V/22502 del 13/05/1992 la parte superiore della tubazione di testa pozzo è perfettamente sigillata ed emerge rispetto al fondo della cameretta di testa pozzo di circa 50 cm. Il diametro definitivo del pozzo è responsabile anche della limitata Q_{max} oggi reperibile (100 l/sec).

La collocazione dei **filtri** è riportata nell'allegato schema pozzo con stratigrafia (allegato 5): risultano collocati tre tratti filtranti, della lunghezza rispettivamente di 9, 6 e 3 m, attestati a partire dalle profondità di 7, 19 e 45 m da p.c. Questi tratti filtranti, con filtro del tipo passante, sono stati realizzati inserendo una tubazione in acciaio fessurata, dello stesso diametro della tubazione cieca e resa solidale a questa tramite saldature.

Nell'intercapedine tra la colonna di rivestimento definitiva e le pareti dei fori è stato con buona probabilità realizzato un apposito **dreno** con ghiaietto quarzoso monogranulare arrotondato; la sicura presenza dello stesso è confermata dal discreto grado di efficienza ancora proprio del pozzo dopo ben 47 anni dalla sua realizzazione. In assenza del drenaggio il pozzo risulterebbe improduttivo o sfruttabile su regimi di portata sensibilmente inferiori a quelli di esercizio attuali (si segnala che in sede di collaudo la portata massima del pozzo risultava compresa tra 135 e 150 l/sec, mentre oggi vengono raggiunti a fatica i 100 l/sec). Lo spessore interessato dalla messa in opera del dreno è di 48,5 m, indicativamente da - 6,5 m da p.c. fino a fondo foro. In ogni caso il dreno interessa un orizzonte più ampio rispetto ai tratti filtranti.

Si specifica che l'opera di presa, sviluppata su profondità di 55 m, non causa il collegamento di livelli acquiferi differenti ed è limitata al solo acquifero freatico superficiale e libero, ripartito in due diversi orizzonti permeabili collegati.

Il sollevamento delle acque avviene tramite un'elettropompa sommersa ad asse verticale delle seguenti caratteristiche tecniche (considerata la vetustà dell'impianto non è risultata reperibile la scheda tecnica con le curve di rendimento):

- tipo: Rotos TPE 38/I
- Potenza: 30 HP
- Prevalenza: 9-11 m
- Portata: 100 l/sec

Il funzionamento della pompa avviene con motore elettrico esterno verticale, montato sulla bocca del pozzo, con presa diretta senza rinvio all'albero della pompa.

A mezzo della tubazione di mandata, in acciaio di diametro 350 mm, l'acqua viene fatta defluire in una pre-vasca in calcestruzzo rettangolare (posta immediatamente a est della testa del pozzo a 2 m di



distanza) di laminazione e raccolta, indi nel cavo irriguo privato, che presenta nei primi metri le sponde rinforzate in calcestruzzo al fine di prevenire fenomeni erosivi e di franamento innescati dal convogliamento dei volumi prelevati dal pozzo. La vasca citata è posta in collegamento diretto con il cavo irriguo ove, a mezzo di due paratoie mobili è possibile convogliare l'acqua nei diversi cavi per l'irrigazione, o verso vesto, o verso sud.

Le caratteristiche geometriche e dimensionali della cameretta di testa pozzo e della cabina tecnica adiacente sono raccolte in allegato 5 e nel successivo allegato fotografico. Si specifica che il manufatto di testa pozzo e la cabina di controllo è stato oggetto di lavori di adeguamento e ammodernamento nell'anno 2003 (allegato 5), resisi necessari anche per uniformarsi alle normative in materia di sicurezza nel frattempo intercorse. I lavori sono consistiti in sole opere edili esterne eseguite con autorizzazione comunale, mentre alcuna modifica ha riguardato il pozzo e le opere di presa o derivazione. Sono riportati in allegato 5 degli stralci di progetto riferiti alla situazione pre e post intervento: l'attuale conformazione è quella indicata come "stato modificato".

La **bocca pozzo** è provvista di una chiusura stagna, conformemente a quanto previsto dalla D.G.R. V/22502, dotata del foro munito di tappo filettato per l'inserimento della sonda piezometrica di controllo. Su specifica nuovamente che la testata del pozzo, alloggiata al centro del locale pompe di forma circolare, è rialzata rispetto al fondo cameretta (impermeabilizzato) di 50 cm, mentre quest'ultimo è ribassato rispetto all'adiacente piano campagna di circa 130 cm.

3.1 Determinazione del raggio di influenza del pozzo

In una falda in quiete (non emunta), la superficie dell'acqua è piana; quando si inizia il pompaggio della falda mediante il funzionamento di un pozzo, il livello d'acqua in esso s'abbassa e tale abbassamento si propaga nella falda, diminuendo però di valore man mano che ci si allontana dal pozzo, fino ad annullarsi, a una certa distanza che corrisponde al **raggio d'influenza**. Tale distanza varia al variare della portata d'esercizio del pozzo e al variare della conducibilità idraulica del terreno acquifero, cioè della granulometria dei depositi saturi d'acqua. In particolare, maggiori sono la portata emunta e/o la conducibilità idraulica e maggiore è il raggio d'influenza che si crea. Secondo la Legge di Darcy

$$Q = - A K (dh/dr) = - A K j$$

la portata di flusso d'acqua Q attraverso un terreno granulare è uguale al modulo del prodotto tra la sezione di flusso A , la conducibilità idraulica del terreno K ed il gradiente idraulico j . Presupponendo la portata e la conducibilità idraulica costante, una diminuzione della superficie A (che si assume pari all'area laterale delle sezioni cilindriche considerate, ad una certa distanza r dal pozzo) comporta un aumento del gradiente idraulico j e quindi si ha un abbassamento della superficie d'acqua nella falda e tale



abbassamento è massimo vicino al pozzo, dove la superficie A è minima ed esso diminuisce con l'aumentare della distanza dal pozzo, in modo indirettamente proporzionale all'aumentare della superficie A.

Tridimensionalmente il raggio d'influenza si può vedere come un **cono di depressione**: infatti l'acqua, nel caso di acquifero omogeneo e isotropo, fluisce simmetricamente attraverso il terreno da ogni direzione verso il pozzo e durante il tragitto essa subisce un aumento graduale della velocità in quanto si muove attraverso successive regioni cilindriche sempre più piccole. La forma e le dimensioni di questo variano al variare di diversi fattori: la portata emunta e la conducibilità idraulica dell'acquifero come logica conseguenza dal raggio d'influenza ma anche durata del pompaggio e porosità efficace (solo nel caso di falde freatiche). Sempre osservando la Legge di Darcy si vede che a parità di Q e di A, il valore di j è inversamente proporzionale al valore di K e quindi per grandi valori di K si hanno coni d'influenza poco profondi ma molto estesi, mentre per piccoli valori di K si hanno coni molto profondi e poco estesi (fig. 5).

La formula che si è ritenuto più adatta da applicare, in base alla disponibilità dei parametri da inserire e al fatto che si tratti di un acquifero libero è quella utilizzabile in condizioni di regime transitorio (in cui il raggio d'influenza varia nel tempo e, quindi, è in funzione del tempo trascorso dall'inizio del funzionamento del pozzo, cioè della durata dell'emungimento), ed è proposta in forma logaritmica da Theis C.V. nel 1935, poi modificata da Jacob C.E. nel 1946:

$$s = \frac{0,183}{T} Q \log \frac{2,25 T t}{r^2 S}$$

dove:

s = abbassamento incognito (m)

T = trasmissività dell'acquifero (m²/s)

Q = portata emunta (m³/s)

T = tempo trascorso dall'inizio del pompaggio

r = raggio d'influenza al tempo t

S = coefficiente d'immagazzinamento

Mediante l'utilizzo di questa formula è possibile stimare realisticamente a che distanza dal pozzo si esaurisce l'abbassamento provocato dalla portata. Ipotizzando di iniziare a far funzionare il pozzo, si ricava, alla distanza r = r pozzo (ossia distanza minima), l'abbassamento s dell'acqua alla distanza r scelta (in questo caso s è massimo), per cui:

r_{min} = r pozzo

s = s_{max}

- Considerando: una trasmissività idraulica T pari a 2,7*10⁻² m/s (permeabilità dell'acquifero sabbioso-ghiaioso 1,30 x 10⁻³ m/sec; spessore del tratto in sfruttamento 21 m); una portata Q di 100 l/s; un tempo



pari a 165 ore pari a un intero ciclo di pompaggio (594.000 secondi = durata di ogni turno irriguo con pozzo); un coefficiente di immagazzinamento S di 0,05 (dato tratto da informazioni bibliografiche) e il raggio del pozzo pari a 0.2 m si ottiene:

$$r_{\min} = r_{\text{pozzo}} = 0.20 \text{ m}$$

$$s = s_{\max} = 4,91 \text{ m}$$

- Considerando $s = 0.02 \text{ m}$ (deve essere utilizzato un valore prossimo allo zero ma non nullo, per evitare l'annullamento dell'equazione matematica) e estrapolando la formula inversa di quella originale:

$$s_{\min} \sim \text{nullo}$$

$$r_{\max} \sim R \text{ d'influenza}$$

$$s = \frac{0,183}{T} Q \log \frac{2,25 T t}{r^2 S}$$

si ottiene:

$$\log \frac{2,25 T t}{r^2 S} = \frac{s T}{0.183 Q}$$

$$\frac{2,25 T t}{R^2 S} = e^{\frac{s T}{0.183 Q}}$$

$$R^2 = \frac{2,25 T t}{S e^{(s T / 0.183 Q)}}$$

$$s_{\min} = 0.02 \text{ m}$$

$$\text{da cui } r_{\max} = 808 \text{ m}$$

- Considerando $s = 0$ il primo termine dell'equazione

$$s_{\min} = 0$$

$$r_{\max} = R \text{ d'influenza}$$

$$s = \frac{0,183}{T} Q \log \frac{2,25 T t}{R^2 S}$$

si annulla, diventando:

$$\frac{0,183}{T} Q \log \frac{2,25 T t}{R^2 S} = 0$$

da cui:

$$e^{0,183} \cdot e^{Q/T} \cdot 2,25 \frac{T t}{R^2 S} = e^0$$

$$2.7 \cdot e^{Q/T} \cdot \frac{T t}{S} = 1 \cdot R^2$$

Approssimando e derivando l'equazione si ottiene:



$$R = 1,5 \sqrt{(T t / S)}$$

nota anche in letteratura come derivata dall'espressione di Jacob ed efficace metodo per stimare il raggio d'influenza e quindi per conoscere gli effetti indotti sulla falda captata. Ne risulta che per $s_{min} = 0$, il R d'influenza = 848 m.

Riassumendo, in base a questi risultati, l'emungimento della portata d'esercizio Q richiesta, pari a 100 l/s, determinerà nella superficie piezometrica un cono di depressione poco profondo (8 m misurati al pozzo, derivanti da 3 m di soggiacenza naturale e 4,9 m di abbassamento indotto) e molto esteso arealmente (tipico delle falde freatiche in acquiferi sabbioso-ghiaiosi; in acquiferi poco permeabili si generano invece situazioni opposte, ossia coni profondi e di raggio limitato) con un'apertura che raggiunge gli 808 m circa ove si registra un abbassamento di soli 2 cm del livello di falda (abbassamenti inferiori possono essere considerati trascurabili). L'abbassamento pari a 0 m lo si registra invece alla distanza di 848 m. I dati raccolti (soggiacenza, abbassamento) e i conseguenti calcoli inerenti il raggio di influenza risultano in pieno accordo con quanto oggetto di misurazione diretta al pozzo. Si segnala che non è risultato possibile condurre una prova di portata a gradini, a causa dell'impossibilità di variazione della potenza della pompa, come detto collegata a motore elettrico privo di inverter. Si è provveduto pertanto alla sola misurazione dell'abbassamento innescato da un prelievo di 100 l/sec, risultato essere pari a 5,15 m (livello dinamico 8,15 m).

Appare doveroso segnalare che la quantificazione del raggio di influenza pari a 808 m non deve, a giudizio degli scriventi, innescare preoccupazioni nei confronti dell'ambiente circostante, poiché l'involuppo del cono medesimo, come sopra accennato, presenta limitata altezza e ampia estensione, fenomeno tipico degli acquiferi a marcata componente ghiaioso-sabbiosa. In realtà risulta più interessante osservare l'inclinazione dell'involuppo esterno del cono, ovvero l'andamento degli abbassamenti indotti nell'acquifero all'aumentare della distanza dal pozzo, come raccolti nella tabella che segue,

distanza dal pozzo (m)	0,2	1	2	5	15	50	100	156	808	848
abbassamento (m)	4,91	3,97	3,56	3,02	2,07	1,66	1,25	0,99	0,02	0,00107

da cui si ricavano informazioni a giudizio degli scriventi molto interessanti, come ad esempio il dato che indica **abbassamenti inferiori al metro a partire da 156 m di distanza dal pozzo.**

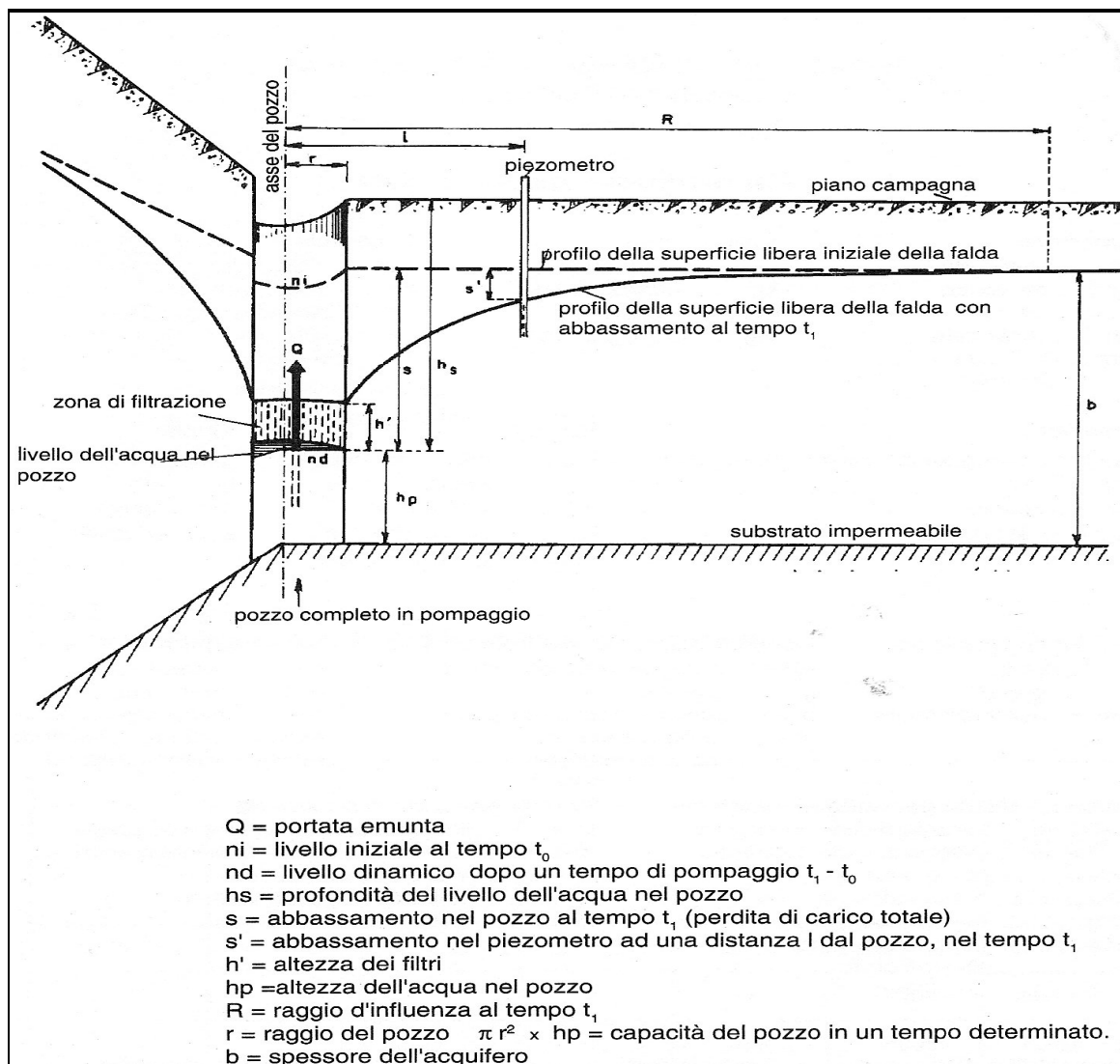


Figura 5: rappresentazione schematica della geometria del cono di depressione in un pozzo in emungimento.

4. CONCLUSIONI

Si ritengono trascurabili le interferenze innescate nell'ambiente idrico, nonostante le dimensioni del raggio d'influenza stimato, dovuto all'acquifero marcatamente ghiaioso-sabbioso e molto permeabile (tale da generare coni di depressione poco profondi ma molto poco inclinati e quindi con una base molto larga). Queste infatti si ritengono tali da non arrecare alcun danno a proprietà terze, al bene pubblico o all'ambiente circostante: per quanto concerne i fontanili più prossimi (i più vicini sono posti a 1.200 m ca di distanza: si tratta dei fontanili del gruppo Ca Nova, al n. 148 del catasto provinciale), essi si trovano all'esterno del raggio di influenza massimo stimato.



Si rammenta nuovamente che il pozzo è in essere e in funzionamento per tutta la durata della concessione in scadenza, e che rappresenta un'indispensabile risorsa disponibile e utilizzabile per l'irrigazione, in particolare a causa dei bassi volumi erogati dalla rete consortile. In mancanza del rinnovo della concessione, o una forte riduzione dei prelievi, genererebbe un non trascurabile deficit idrico tale da rendere antieconomica la conduzione dei fondi accorpati nel comprensorio sotteso.

L'effetto del pompaggio durerà per tutto il periodo irriguo, pari ad un totale di **solì 41 giorni nell'arco di un anno**, inframmezzati in 6 turni e lasciando quindi 9 giorno di "riposo" (cioè di non irrigazione) tra un turno e l'altro, e in buona parte **sarà compensato dall'alimentazione naturale della falda (da nord) e dalla forte ricarica locale, data dall'elevata permeabilità dell'acquifero freatico sfruttato e indotta dalla stessa fase d'irrigazione, attuata sui terreni limitrofi e con il metodo a scorrimento superficiale che favorisce una riconosciuta infiltrazione e ricarica immediata verso l'acquifero soggiacente**. L'entità di tale ricarica non è numericamente quantificabile.

In sintesi la presenza di un acquifero dalla forte conducibilità idraulica genera tanto l'ampiezza considerevole del raggio d'influenza (a distanza superiore a 100 m assume quasi l'andamento di un asintoto), quanto la rapida e pressoché immediata ricarica dello stesso a seguito della perturbazione indotta. Se si riconoscesse una certa difficoltà della falda a recuperare la soggiacenza originaria durante gli intervalli di risalita, si farà in modo di intervallare i cicli di emungimento a regime, del tempo necessario per favorire la ricarica piezometrica e limitare così l'impatto sul locale regime della falda.

Si ritengono i prelievi sostenibili e attuati con modalità e tempistica tali da consentire la ricarica della falda.

7 dicembre 2011

dott. Davide Incerti, geologo

dott. Giulio Mazzoleni, geologo

in collaborazione con dott.ssa Tecla Pagnoncelli