



Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio

Autorità di Bacino del Fiume Serchio



Progetto LIFE:



**"Serchio River alimented well-fields
integrated rehabilitation"**



**TASK 1
Action 1.2:**

**Hidrology and idrogeology
of the areas**

**Sub-Action 1.2.2
Idrogeological and Hidrological
characterization of large scale basin
Deliverable D4**

Responsabile Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio

Dott. Gianfranco Mascazzini

Referente amministrativo

Dott Luciana Basile

Referente Tecnico

Ing Sergio Sgroi

Redazione ed Elaborazione a cura di:

Studio Associato Nolledi - Lucca

Sub-Action 1.2.2

Idrogeological and Hidrological characterization of large scale basin

elenco degli elaborati

RELAZIONE DESCRITTIVA *(formato cartaceo, supporto informatizzato)*

ALLEGATI

➤ *Cartografia pdf (formato cartaceo, supporto informatizzato)*

Campagna di morbida- rilievo maggio 2005

- **Tav 01a** Carta Piezometrica - Area di Ghivizzano - Borgo a Mozzano - Sesto di Moriano - Scala 125.000
- **Tav 01b** Carta Piezometrica Piana di Lucca - Scala 125.000
- **Tav 02** Carte Piezometriche di dettaglio - S. Pietro a Vico - Salicchi - S.Alessio - Nozzano e Filettole - rilievo maggio 2005 – Scale varie

Campagna di magra - rilievo ottobre 2005

- **Tav 01a** Carta Piezometrica - Area di Ghivizzano - Borgo a Mozzano - Sesto di Moriano - Scala 125.000
- **Tav 01b** Carta Piezometrica Piana di Lucca - Scala 125.000
- **Tav 02** Carte Piezometriche di dettaglio - S. Pietro a Vico - Salicchi - S.Alessio - Nozzano e Filettole - rilievo maggio 2005 – Scale varie
- **Tav 03a** Carta Conducimetrica Area di Ghivizzano - Borgo a Mozzano - Sesto di Moriano - Scala 125.000
- **Tav 03b** Carta Conducimetrica Piana di Lucca - Scala 125.000
-

➤ *Data base , (supporto informatizzato)*

➤ *Files formato shp, (supporto informatizzato)*

Campagna di morbida'05

Campagna di magra'05

Monitoraggio nel periodo 2005 dei livelli piezometrici e della salinità delle acque sotterranee nel territorio di pianura del bacino del Fiume Serchio nell'ambito delle attività previste dal progetto Europeo life denominato "Serial Wellfir"

RELAZIONE DESCRITTIVA

INDICE

1. - PREMESSA.....	6
2. - INQUADRAMENTO GEOLOGICO E IDROGEOLOGICO GENERALE	7
3. - GLI ACQUIFERI DELLA VALLE DEL SERCHIO.....	8
3.1. - GENERALITÀ	8
3.2. – CARTA PIEZOMETRICA DELLA VALLE DEL SERCHIO (RILIEVO MAGGIO 2005)	9
3.2.1. - <i>Tratto compreso tra Piano di Coreglia-Ghivizzano e la confluenza del T.Lima</i>	9
3.2.2. - <i>Tratto compreso tra le loc. Borgo a Mozzano ed il Piaggione</i>	9
3.3. – CARTA PIEZOMETRICA DELLA VALLE DEL SERCHIO (RILIEVO OTTOBRE 2005).....	11
3.3.1. - <i>Tratto compreso tra Piano di Coreglia-Ghivizzano e la confluenza del T.Lima</i>	11
3.3.2. - <i>Tratto compreso tra le loc. Borgo a Mozzano ed il Piaggione</i>	12
4. - L'ACQUIFERO DELLA PIANURA DI LUCCA	14
4.1. - INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO E GEOLOGICO	14
4.2. – CARTA PIEZOMETRICA DELLA PIANURA DI LUCCA (RILIEVO MAGGIO 2005).....	14
4.2.1. - <i>Generalità</i>	14
4.2.2. - <i>Carta piezometrica del maggio 2005</i>	15
4.2.3. - <i>Carta piezometrica dell'ottobre 2005</i>	17
4.3. – CARTE PIEZOMETRICHE DI DETTAGLIO NELLE AREE DEI CAMPI POZZI DI S. PIETRO A VICO, SALICCHI, S. ALESSIO, NOZZANO-FILETTOLE (RILIEVO MAGGIO 2005)	18
4.3.1. – <i>Premessa</i>	18
LA TAV. 2 COMPRENDE LE CARTE PIEZOMETRICHE DI DETTAGLIO NELLE AREE DEI CAMPI POZZI DI S. PIETRO A VICO, SALICCHI, S. ALESSIO, NOZZANO-FILETTOLE, RELATIVE AL RILIEVO DEL MAGGIO 2005.	18
4.3.2. – <i>Area del campo pozzi di S. Pietro a Vico (acquedotto intercomunale Lucca-Capannori)</i>	18
4.3.2.1. – <i>Inquadramento idrogeologico locale</i>	18
4.3.2.2. – <i>Carta piezometrica del Maggio 2005</i>	19
4.3.3. – <i>Area del campo pozzi di Salicchi</i>	20
4.3.3.1. – <i>Inquadramento idrogeologico locale</i>	20
4.3.3.2. – <i>Carta piezometrica del Maggio 2005</i>	20
4.3.4. – <i>Area del campo pozzi di S. Alessio</i>	21
4.3.4.1. – <i>Inquadramento idrogeologico locale</i>	21
4.3.4.2. – <i>Carta piezometrica del Maggio 2005</i>	21
4.3.5. – <i>Area del campo pozzi di Nozzano-Filettole</i>	22
4.3.5.1. – <i>Inquadramento idrogeologico locale</i>	22
4.3.5.2. – <i>Carta piezometrica del Maggio 2005</i>	23
4.4. – CARTE PIEZOMETRICHE DI DETTAGLIO NELLE AREE DEI CAMPI POZZI DI S. PIETRO A VICO, SALICCHI, S. ALESSIO, NOZZANO-FILETTOLE (RILIEVO OTTOBRE 2005)	24
4.4.1. – <i>Premessa</i>	24
<i>Si deve inoltre osservare che i rilievi sono stati eseguiti tenendo conto dei pozzi e piezometri attualmente disponibili nelle 4 aree d'indagine. In concomitanza col rilievo effettuato erano in corso di realizzazione n. 6 sondaggi piezometrici. Questi piezometri andranno ad integrare i dati attuali, in modo da perfezionare l'attuale quadro piezometrico locale. Al momento del rilievo dell'ottobre 2005 non è stato possibile utilizzare gli stessi in quanto ancora in corso di realizzazione. I nuovi 6 piezometri saranno utilizzati a partire dalla campagna primaverile del 2006.</i>	24
4.4.2. – <i>Area del campo pozzi di S. Pietro a Vico (acquedotto intercomunale Lucca-Capannori)</i>	25
4.4.2.1. – <i>Inquadramento idrogeologico locale</i>	25
4.4.2.2. – <i>Carta piezometrica dell'Ottobre 2005</i>	26
4.4.3. – <i>Area del campo pozzi di Salicchi</i>	26
4.4.3.1. – <i>Inquadramento idrogeologico locale</i>	26
4.4.3.2. – <i>Carta piezometrica dell'Ottobre 2005</i>	27
4.4.4. – <i>Area del campo pozzi di S. Alessio</i>	27
4.4.4.1. – <i>Inquadramento idrogeologico locale</i>	27
4.4.4.2. – <i>Carta piezometrica dell'Ottobre 2005</i>	28
4.4.5. – <i>Area del campo pozzi di Nozzano-Filettole</i>	29
4.4.5.1. – <i>Inquadramento idrogeologico locale</i>	29
4.4.5.2. – <i>Carta piezometrica dell'Ottobre 2005</i>	31
5. - VALUTAZIONI RELATIVE ALLA CARTA DELLA CONDUCIBILITA' ELETTRICA.....	32
5.1. - CARATTERISTICHE DELLE ACQUE NELLA VALLE DEL SERCHIO E NELLA PIANURA DI LUCCA	32
5.2. - MANIFESTAZIONI IDROTERMALI NELLA ZONA DEL PIAGGIONE	34

1. - PREMESSA

Il bacino del F. Serchio ricopre complessivamente una superficie di 1.404 Km², di cui 1.064 sottesi dalla sezione di Borgo a Mozzano. Esso è caratterizzato da acque perenni, con una portata media, sempre a Borgo a Mozzano (Annali del Servizio Idrografico relativi al trentennio 1921-1950), di 46 mc/sec, pari ad un deflusso unitario di 43,2 l/sec/km², e un coefficiente di deflusso di 0,71 che rappresentano valori elevati in rapporto a quelli caratteristici degli altri corsi d'acqua appenninici. Ciò è dovuto, oltre che all'elevata piovosità, anche alle caratteristiche geomorfologiche e idrogeologiche del bacino.

Le pianure alluvionali di fondovalle (ed i relativi acquiferi) hanno, nel bacino di cui si tratta, uno sviluppo relativamente modesto; la pianura di Lucca invece è più estesa ed importante ai fini della risorsa idrica sotterranea. Nel progetto Life sono state prese in considerazione, tre le prime, quelle situate nel tratto compreso tra le due strette morfologiche poste rispettivamente a valle di Piano di Coreglia-Ghivizzano e a monte di Ponte a Moriano, in cui dove la coltre alluvionale assume, oltre all'estensione, spessori significativi. E' stata inoltre considerata la pianura intermontana di Lucca che peraltro è attualmente compresa solo in parte nel bacino del F. Serchio, anche se al Serchio stesso essa deve la sua evoluzione paleogeografica. In tale pianura il corso del Fiume è arginato e del tutto indipendente, nel suo tratto terminale, dall'adiacente pianura costiera Versiliese – Pisana.

2. - INQUADRAMENTO GEOLOGICO E IDROGEOLOGICO GENERALE

Il Bacino del Fiume Serchio si trova in una regione strutturalmente molto complessa, comprendente tutte le unità tettoniche che costituiscono l'edificio montuoso Nord-Appenninico, a falde di ricoprimento sovrapposte. La parte medio-superiore del Bacino, (a monte della confluenza con la Val di Lima) corrispondente alla Garfagnana ed a parte della Media Valle, è impostata in una accentuata depressione morfo-strutturale (nota come Graben della Val di Serchio) allungata in direzione appenninica (circa NNW-SSE), compresa fra le due grandi morfostrutture positive delle Alpi Apuane (a SW) e del Crinale Appenninico (a NE).

La porzione medio - bassa della Valle, (a Sud della confluenza del T. Lima) si articola invece in due tratti che tagliano, probabilmente per fenomeni di precedenza, l'alto strutturale di Diecimo: il primo, in direzione antiappenninica (circa SW-NE) segue presumibilmente una importante linea tettonica trasversale; il secondo, a meandri incassati, è comunque nuovamente nell'insieme allineato in direzione appenninica. In tale contesto il "Sistema Acquifero Carbonatico", costituito dalle formazioni calcaree della serie toscana, si scarica sia attraverso strutture idrogeologiche pensili presenti negli orizzonti più alti, con sorgenti di "trabocco" e di "svuotamento", sia attraverso strutture profonde, da cui si originano invece sorgenti di "sbarramento", oltre che di emergenza; in questo secondo caso gli acquiferi carbonatici "incassanti" possono alimentare le falde alluvionali, come avviene nella zona di confluenza del T. Celetra nel Serchio (loc. Valdottavo).

Nel suo tratto terminale il Serchio attraversa, ancora in direzione generale SW-NE, il bacino intermontano della Pianura di Lucca ed infine la pianura costiera versiliese-pisana, una volta superata, in corrispondenza della Stretta di Ripafratta, la prosecuzione della morfostruttura Apuana.

Le successioni stratigrafiche delle diverse Unità tettoniche che affiorano nel bacino sono composte da una grande varietà di litotipi a differenti caratteristiche di permeabilità. In sintesi si può comunque affermare che sul versante destro (rilievi apuani) affiorano ampiamente rocce carbonatiche, molto permeabili per fessurazione e carsismo, mentre su quello sinistro (rilievi appenninici) prevale nettamente la formazione arenacea del Macigno, limitatamente permeabile per fessurazione; le aree di maggiore permeabilità sono in genere localizzate lungo le fasce di deformazione tettonica fragile. Sul fondovalle sono presenti anche formazioni calcareo-marnose, anch'esse a permeabilità secondaria decrescente, il cui grado di permeabilità è in genere inferiore a quello del Macigno, per la maggiore abbondanza di interstrati, strati e banchi marnosi ed argillitici.

Gli acquiferi carbonatici sono organizzati in un complesso sistema di strutture idrogeologiche, comprese tra un "Basamento" ed una "Copertura" relativamente impermeabili; in tale contesto possono essere individuati due sottosistemi acquiferi, con livelli di circolazione più o meno profonda, da quella carbonatica superiore fino al circuito idrotermale inferiore; quest'ultima, oltre a fare capo alle numerose sorgenti termominerali del Bacino (Pieve Fosciana, Turrîte, Barga, Bagni di Lucca) alimenta una circolazione profonda, regionale. La "Copertura", per quanto sia nell'insieme impermeabile rispetto agli acquiferi sottostanti, è costituita anche da formazioni limitatamente e o localmente permeabili, dalle quali si originano numerose e diffuse sorgenti con portata limitata (di solito inferiore a qualche l/s), e quindi di un qualche interesse soltanto per usi locali.

3. - GLI ACQUIFERI DELLA VALLE DEL SERCHIO

3.1. - Generalità

Come già accennato, gli acquiferi alluvionali della valle considerati nel progetto Life sono situati nei due tratti compresi tra Piano di Coreglia-Ghivizzano e Borgo a Mozzano, ivi compresa la confluenza con il T. Lima, e tra Borgo a Mozzano ed il Piaggione, ove essi assumono, oltre all'estensione, spessori significativi.

Dal punto di vista geologico, i rilievi tra i quali si sviluppa il corso del Serchio sono costituiti in prevalenza da formazioni appartenenti alla Serie Toscana non metamorfica, che risulta rappresentata in genere dai termini superiori della successione; i motivi strutturali riconosciuti evidenziano sia una tettonica plicativa a vergenza appenninica, con strutture a direzione NNW-SSE (fase compressiva del Miocene sup.- Tortoniano), sia una distensiva legata alla apertura della fossa tettonica del F. Serchio (Messiniano).

I versanti della valle sono in genere costituiti da formazioni permeabili di natura prevalentemente calcarea lungo il tratto in destra idrografica, mentre in sinistra sono presenti, in prevalenza, (ad eccezione del tratto tra Diecimo e il Piaggione) formazioni di bassa permeabilità. Il Fiume Serchio interessa inoltre i depositi fluvio-lacustri del Villafranchiano, che risultano disposti in più ordini di terrazzi e che sono generalmente ben rappresentati lungo la fascia in sinistra idrografica del fiume. Tali depositi sono riferibili, dal punto di vista paleogeografico, all'antico lago di Barga disposto secondo una depressione allungata in direzione appenninica, compresa tra la zona di Monte Perpoli a nord e la soglia di Calavorno a sud.

I sedimenti fluvio-lacustri di età Villafranchiana si rinvergono in affioramento, localmente, anche più a valle, soprattutto nelle pendici collinari in destra idrografica del T. Lima, alla confluenza con il Serchio. Oltrepassando la "soglia" di Calavorno, si può osservare come il fiume abbia inciso rilievi costituiti da formazioni appartenenti alla Successione Toscana non metamorfica; sono inoltre presenti depositi alluvionali di età quaternaria generalmente disposti in più ordini di terrazzi, originatisi in seguito a fasi alterne di erosione e sedimentazione dello stesso Serchio e dei principali affluenti.

La complessità degli eventi tettonici succedutisi nel tempo ha anche un riflesso diretto sulla circolazione idrica profonda a cui è legato il termalismo locale, presente sia nell'area prossima allo sfocio della Lima nel Serchio (Bagni di Lucca) sia più a sud, presso l'abitato del Piaggione, dove si rilevano manifestazioni ipotermali con circolazione di acque solfatiche che, risalenti attraverso faglie e fratture coperte dalle alluvioni recenti, alimentano il subalveo del fiume. Inoltre, sempre legate alle complesse fasi tettoniche che hanno interessato l'area in esame, risultano le strutture dei rilievi presenti in destra idrografica del Serchio, tra la valle del T. Pedogna e quella del T. Cèletra culminanti in una cupola calcarea corrispondente ad una piega anticlinale. Gli studi geologici eseguiti in epoche successive, dal primo '900 ad oggi, hanno messo in evidenza come attraverso questa cupola, interessata da fratture e faglie, la valle del T. Pedogna sia tributaria, con deflusso sotterraneo verso Sud, nei confronti della valle del T. Cèletra. Ciò è provato anche dal fatto che mentre l'alveo del Pedogna risulta quasi sempre asciutto, in quello del Cèletra si hanno importanti manifestazioni di risorgenza di acque (sorgente "Il Fiumicello") in prossimità della confluenza del T. Cèletra nel Serchio.

Le alluvioni recenti e attuali, che si rinvergono sul fondo valle in corrispondenza dell'attuale alveo del F. Serchio, sono costituite in genere da ghiaie eterometriche e sabbie sciolte e, localmente, si riscontrano livelli discontinui arricchiti nella frazione limo-sabbiosa. Gli spessori della coltre alluvionale in genere non superano i 15 -20 metri; valori più elevati sono riscontrabili nel tratto localizzato presso l'attuale area industriale di Diecimo, a valle della confluenza del T. Pedogna, dove la coltre alluvionale presenta spessori dell'ordine dei 40 m.

3.2. – Carta piezometrica della valle del Serchio (rilievo maggio 2005)

3.2.1. - Tratto compreso tra Piano di Coreglia-Ghivizzano e la confluenza del T.Lima

Dalla Tav. 1a si osserva che in questo tratto il corso del F. Serchio riceve, in destra idrografica (versante apuano), un solo importante affluente, la Turrite Cava (le cui acque vengono però in gran parte convogliate nel sistema idroelettrico dell'ENEL) mentre in sinistra (versante appenninico) i principali affluenti sono il T. Ania, il T. Segone, il T. Surrichiana, il T. Fegana, e il T. Lima.

Dal punto di vista piezometrico si nota come nel tratto tra Ghivizzano e Calavorno la falda subalveare presenta un asse di drenaggio parallelo al corso d'acqua ma leggermente discosto da esso, con andamento NNW – SSE e gradiente pari allo 0,63%. L'attuale letto del fiume è infatti impostato in prossimità della sponda destra, mentre l'asse di drenaggio, che rappresenta la linea di convergenza delle acque fluenti nelle alluvioni recenti ed attuali, è posto in asse alla sezione valliva. In prossimità di Calavorno e fino a Fornoli asse di drenaggio e Serchio vengono a coincidere ed il fiume riceve le acque sotterranee da ambedue le rive.

Nell'area di confluenza Lima - Serchio, i due corsi d'acqua drenano la falda subalveare con un gradiente più elevato, in media dell'1,1%, da interpretare come una diminuzione di permeabilità dei sedimenti posti immediatamente all'esterno del letto del fiume, che nella zona sono costituiti in prevalenza da depositi fluvio-lacustri.

In generale si può dire, comunque, in tutto il tratto considerato il fiume drena le acque dai rilievi circostanti, che sono costituiti da termini prevalentemente arenacei fino all'incirca allo sbarramento di Borgo a Mozzano e prevalentemente calcarei a valle di quest'ultima. L'acquifero si presenta a falda libera, con uno spessore medio di circa 8 metri, variabile tra massimi di 13-15 e minimi di 2-3 metri; il suo letto è in gran parte costituito dall'orizzonte argilloso dei sedimenti fluvio-lacustri. La ricostruzione della superficie piezometrica esprime, nonostante il periodo di primaverile che di solito corrisponde ad una fase di morbida, una condizione di magra già avanzata a causa del deficit registrato negli afflussi meteorici su tutto il bacino tra novembre 2004 e maggio 2005 (- 26 %).

3.2.2. - Tratto compreso tra le loc. Borgo a Mozzano ed il Piaggione

Anche in questo tratto (Tav. 1a) l'acquifero di subalveo del Serchio, che occupa l'intera estensione dei depositi alluvionali attuali e recenti, si presenta come un sistema essenzialmente drenante; esso risulta dotato di notevole permeabilità primaria, anche se non di estesa continuità laterale e con uno spessore generalmente contenuto.

E' necessario sottolineare che in questo tratto il regime del Serchio risente, da un punto di vista idrologico, dello sbarramento idroelettrico dell'ENEL presente all'altezza di Borgo a Mozzano, che alimenta più a valle, tramite una galleria di derivazione, la centrale idroelettrica di Vinchiana. A causa di tale intervento il bilancio idrico della valle risulta alterato; infatti il Serchio, immediatamente al di sotto dello sbarramento che è impostato su roccia limitatamente permeabile (arenaria "macigno"), presenta portate minime o nulle per gran parte dell'anno così che i deflussi che si osservano scendendo verso valle sono in massima parte alimentati dal drenaggio dell'acquifero alluvionale e dai contributi provenienti dagli affioramenti carbonatici sulle due sponde.

Il fenomeno è stato studiato sia da R. MASINI (1952) che da G.RAGGI & L. TREVISAN (1974); questi ultimi hanno rielaborato le misure di portata di magra del Serchio all'altezza di Ponte a Moriano, prima della restituzione in alveo delle acque derivate a Borgo a Mozzano, portate che corrispondono pertanto agli apporti relativi al bacino sotteso tra le due suddette località in quanto le misure sono state eseguite con il Serchio completamente asciutto a valle dello sbarramento. I valori misurati variano tra 1500 e 2200 l/sec, portate che secondo i suddetti Autori sono dovute essenzialmente ai contributi subalveari della Pedogna e della Cèletra (le portate superficiali di magra di questi due torrenti sono trascurabili), a risorgenze prossime al fondo valle e ad una alimentazione proveniente affioramenti calcarei che circondano la vallata.

Le condizioni stratigrafiche del fondo valle fanno sì che la falda idrica sotterranea si presenti con caratteristiche freatiche, (non risultando confinata verso l'alto da terreni impermeabili) ed in stretto rapporto con il subalveo del F. Serchio. Lo spessore dell'acquifero, ricavabile dai dati stratigrafici relativi ai pozzi presenti, è variabile tra pochi metri (in corrispondenza dell'area di Borgo a Mozzano-Anchiano ed a valle del Piaggione), fino a superare i quaranta metri nella parte centrale della vallata, tra Diecimo e Valdottavo. Le alluvioni sono costituite da ghiaie poligeniche e sabbie grossolane, con scarsa od assente matrice fine, ed hanno pertanto un'elevata permeabilità. Prove di pompaggio eseguite ai pozzi della zona suddetta, utilizzati per scopi industriali e/o per usi acquedottistici, hanno fornito elevati valori di trasmissività, compresi tra 5×10^{-2} e 2×10^{-1} m²/sec., con permeabilità dell'ordine di 5×10^{-2} - 10^{-1} cm/sec.

Nel tratto compreso tra Borgo a Mozzano e Diecimo la superficie freatica si manifesta a filetti convergenti, con un asse di drenaggio coincidente con l'alveo del fiume; questo, ridotto notevolmente nelle portate per la presenza della diga dell'ENEL, tende a ricaricarsi con il contributo dell'acquifero alluvionale, a sua volta alimentato dagli acquiferi carbonatici e dai conoidi posti sulle due rive. In questo tratto la falda presenta un gradiente abbastanza uniforme, dell'ordine dello 0,4-0,5%; lo spessore delle alluvioni non supera i 20 metri.

Superata la confluenza col torrente Pedogna, l'asse di drenaggio di subalveo si sposta verso la destra idrografica e in conseguenza di questo, il fiume che prima drenava le alluvioni, tende a ricaricarle. Questo fenomeno è legato, nel tratto più a monte, all'intensa industrializzazione della zona ed al conseguente drenaggio operato dagli ingenti prelievi locali; più a valle una traversa presente in alveo in prossimità del Piaggione, di fronte alla confluenza del T. Celetra, crea un "salto" di circa 5 metri nel profilo del corso d'acqua e determina la formazione di un bacino in alveo che si estende verso monte per quasi un chilometro, con conseguente ricarica dell'acquifero alluvionale e con sensibile modifica nell'andamento delle isofreatiche.

Questo elemento tende a mascherare parzialmente gli effetti di ricarica provenienti dalla riva destra, ove si trovano le risorgive del "Fiumicello" e l'apporto del subalveo della Cèletra, anche se tali effetti sono oggi mitigati dagli emungimenti in atto nella zona. Il gradiente medio della falda, nonostante tali prelievi, è in questo tratto un po' inferiore al precedente (0,35%); ciò è spiegabile sia

con il sensibile effetto di ricarica operato dal fiume, sia con lo spessore del pacco alluvionale che in questa zona supera i 30 metri. Nella zona a valle della traversa, in prossimità del Piaggione, il fiume ritorna a drenare la falda, con apporti idrici più significativi dal lato sinistro della valle, ove si apre l'ansa alluvionale del Piaggione e in cui affiorano rocce carbonatiche, rispetto alla sponda destra ove sono presenti i diaspri; di particolare interesse in questa zona è anche il fenomeno di risalienza di acque profonde attraverso una faglia sepolta sotto le alluvioni. Questo fenomeno è evidenziato dalle caratteristiche chimiche e dalla temperatura (17° C) delle acque che si rinvergono nei pozzi del Piaggione. In questo tratto si osserva che lo spessore delle alluvioni tende a ridursi e passa da una trentina di metri,, rilevati immediatamente a valle della traversa, a pochi metri in corrispondenza dell'ansa incassata ove si ha la confluenza del Rio Rivangaio. Il gradiente ritorna a valori dell'ordine dello 0,5%.

3.3. – Carta piezometrica della valle del Serchio (rilievo ottobre 2005)

3.3.1. - Tratto compreso tra Piano di Coreglia-Ghivizzano e la confluenza del T.Lima

In questo tratto il corso del F. Serchio riceve, in destra idrografica (versante apuano), un solo importante affluente, la Turrite Cava (le cui acque vengono però in gran parte convogliate nel sistema idroelettrico dell'ENEL) mentre in sinistra (versante appenninico) i principali affluenti sono il T. Ania, il T. Segone, il T. Surrichiana, il T. Fegana, e il T. Lima.

Come già osservato nel rilievo del maggio 2005 anche col rilievo dell'ottobre 2005, rappresentato nella Tav. 1a, si nota come nel tratto tra Ghivizzano e Calavorno la falda subalveare presenta un asse di drenaggio parallelo al corso d'acqua ma leggermente discosto da esso, con andamento NNW – SSE e gradiente pari allo 0,56%. L'attuale letto del fiume è infatti impostato in prossimità della sponda destra, mentre l'asse di drenaggio, che rappresenta la linea di convergenza delle acque fluenti nelle alluvioni recenti ed attuali, è posto in asse alla sezione valliva. In prossimità di Calavorno e fino a Fornoli asse di drenaggio e Serchio vengono a coincidere ed il fiume riceve le acque sotterranee da ambedue le rive.

Nell'area di confluenza Lima - Serchio, i due corsi d'acqua drenano la falda subalveare con un gradiente più elevato, in media dell'1%, da interpretare come una diminuzione di permeabilità dei sedimenti posti immediatamente all'esterno del letto del fiume, che nella zona sono costituiti in prevalenza da depositi fluvio-lacustri.

In generale si può dire, comunque, in tutto il tratto considerato il fiume drena le acque dai rilievi circostanti, che sono costituiti da termini prevalentemente arenacei fino all'incirca allo sbarramento di Borgo a Mozzano e prevalentemente calcarei a valle di quest'ultima. L'acquifero si presenta a falda libera, con uno spessore medio di circa 8 metri, variabile tra massimi di 13-15 e minimi di 2-3 metri; il suo letto è in gran parte costituito dall'orizzonte argilloso dei sedimenti fluvio-lacustri.

Rispetto al rilievo effettuato nel maggio 2005 si evidenziano complessivamente quote piezometriche più basse nell'ordine di qualche decina di centimetri.

Bisogna peraltro precisare che il rilievo piezometrico del maggio 2005 esprimeva, nonostante il periodo di primaverile che di solito corrisponde ad una fase di morbida, una condizione di magra già avanzata a causa del deficit registrato negli afflussi meteorici su tutto il bacino tra novembre 2004 e maggio 2005 (- 26 %).

Il semestre relativo al periodo maggio – ottobre 2005 ha fatto registrare un deficit pluviometrico pari al 13%, valore che si ripercuote anche nei livelli piezometrici rilevati.

3.3.2. - *Tratto compreso tra le loc. Borgo a Mozzano ed il Piaggione*

Anche in questo tratto (Tav. 1a) l'acquifero di subalveo del Serchio, che occupa l'intera estensione dei depositi alluvionali attuali e recenti, conferma una morfologia essenzialmente drenante; esso risulta dotato di notevole permeabilità primaria, anche se non di estesa continuità laterale e con uno spessore generalmente contenuto.

Si ricorda che in questo tratto il regime del Serchio è regimato, da un punto di vista idrologico, dello sbarramento idroelettrico dell'ENEL presente all'altezza di Borgo a Mozzano, che alimenta più a valle, tramite una galleria di derivazione, la centrale idroelettrica di Vinchiana. A causa di tale intervento il bilancio idrico della valle risulta alterato; infatti il Serchio, immediatamente al di sotto dello sbarramento che è impostato su roccia limitatamente permeabile (arenaria "macigno"), presenta portate minime o nulle per gran parte dell'anno così che i deflussi che si osservano scendendo verso valle sono in massima parte alimentati dal drenaggio dell'acquifero alluvionale e dai contributi provenienti dagli affioramenti carbonatici sulle due sponde.

Il fenomeno è stato studiato sia da R. MASINI (1952) che da G.RAGGI & L. TREVISAN (1974); questi ultimi hanno rielaborato le misure di portata di magra del Serchio all'altezza di Ponte a Moriano, prima della restituzione in alveo delle acque derivate a Borgo a Mozzano, portate che corrispondono pertanto agli apporti relativi al bacino sotteso tra le due suddette località in quanto le misure sono state eseguite con il Serchio completamente asciutto a valle dello sbarramento. I valori misurati variano tra 1500 e 2200 l/sec, portate che secondo i suddetti Autori sono dovute essenzialmente ai contributi subalveari della Pedogna e della Cèletra (le portate superficiali di magra di questi due torrenti sono trascurabili), a risorgenze prossime al fondo valle e ad una alimentazione proveniente affioramenti calcarei che circondano la vallata.

Le condizioni stratigrafiche del fondo valle fanno sì che la falda idrica sotterranea si presenti con caratteristiche freatiche, (non risultando confinata verso l'alto da terreni impermeabili) ed in stretto rapporto con il subalveo del F. Serchio. Lo spessore dell'acquifero, ricavabile dai dati stratigrafici relativi ai pozzi presenti, è variabile tra pochi metri (in corrispondenza dell'area di Borgo a Mozzano-Anchiano ed a valle del Piaggione), fino a superare i quaranta metri nella parte centrale della vallata, tra Diecimo e Valdottavo. Le alluvioni sono costituite da ghiaie poligeniche e sabbie grossolane, con scarsa od assente matrice fine, ed hanno pertanto un'elevata permeabilità. Prove di pompaggio eseguite ai pozzi della zona suddetta, utilizzati per scopi industriali e/o per usi acquedottistici, hanno fornito elevati valori di trasmissività, compresi tra 5×10^{-2} e 2×10^{-1} m²/sec., con permeabilità dell'ordine di 5×10^{-2} - 10^{-1} cm/sec.

Nel tratto compreso tra Borgo a Mozzano e Diecimo la superficie freatica si manifesta a filetti convergenti, con un asse di drenaggio coincidente con l'alveo del fiume; questo, ridotto notevolmente nelle portate per la presenza della diga dell'ENEL, tende a ricaricarsi con il contributo dell'acquifero alluvionale, a sua volta alimentato dagli acquiferi carbonatici e dai conoidi posti sulle due rive. In questo tratto la falda presenta un gradiente abbastanza uniforme, dell'ordine dello 0,4-0,5%; lo spessore delle alluvioni non supera i 20 metri.

Superata la confluenza col torrente Pedogna, l'asse di drenaggio di subalveo si sposta verso la destra idrografica e in conseguenza di questo, il fiume che prima drenava le alluvioni, tende a ricaricarle. Questo fenomeno è legato, nel tratto più a monte, all'intensa industrializzazione della

zona ed al conseguente drenaggio operato dagli ingenti prelievi locali; più a valle una traversa presente in alveo in prossimità del Piaggione, di fronte alla confluenza del T. Celetra, crea un "salto" di circa 5 metri nel profilo del corso d'acqua e determina la formazione di un bacino in alveo che si estende verso monte per quasi un chilometro, con conseguente ricarica dell'acquifero alluvionale e con sensibile modifica nell'andamento delle isofreatiche.

Questo elemento tende a mascherare parzialmente gli effetti di ricarica provenienti dalla riva destra, ove si trovano le risorgive del "Fiumicello" e l'apporto del subalveo della Cèletra, anche se tali effetti sono oggi mitigati dagli emungimenti in atto nella zona. Il gradiente medio della falda, nonostante tali prelievi, è in questo tratto un po' inferiore al precedente (0,38%); ciò è spiegabile sia con il sensibile effetto di ricarica operato dal fiume, sia con lo spessore del pacco alluvionale che in questa zona supera i 30 metri. Nella zona a valle della traversa, in prossimità del Piaggione, il fiume ritorna a drenare la falda, con apporti idrici più significativi dal lato sinistro della valle, ove si apre l'ansa alluvionale del Piaggione e in cui affiorano rocce carbonatiche, rispetto alla sponda destra ove sono presenti i diaspri; di particolare interesse in questa zona è anche il fenomeno di risalienza di acque profonde attraverso una faglia sepolta sotto le alluvioni. Questo fenomeno è evidenziato dalle caratteristiche chimiche (conducibilità elettrica superiore a 1200 μ S/cm) e dalla temperatura (17° C) delle acque che si rinvencono nei pozzi del Piaggione. In questo tratto si osserva che lo spessore delle alluvioni tende a ridursi e passa da una trentina di metri, rilevati immediatamente a valle della traversa, a pochi metri in corrispondenza dell'ansa incassata ove si ha la confluenza del Rio Rivangaglio. Il gradiente è su valori dell'ordine dello 0,35%.

Rispetto al rilievo effettuato nel maggio 2005 sono stati rilevate nell'ottobre 2005 quote piezometriche più basse per valori che variano da pochi centimetri fino a mezzo metro. La morfologia della superficie piezometrica rimane peraltro praticamente inalterata.

4. - L'ACQUIFERO DELLA PIANURA DI LUCCA

4.1. - Inquadramento geomorfologico e geologico

La Pianura di Lucca corrisponde ad un bacino intermontano ubicato in un'ampia depressione tettonica che cominciò a delinarsi a partire dal Miocene superiore come prolungamento verso SE della struttura della vallata del Serchio ("Graben del Serchio") e sembra continuare, nella stessa direzione, con quella della Val d'Elsa. I rilievi che bordano la pianura sugli altri lati sono costituiti, a sud-ovest, da rocce appartenenti alle Successioni Toscane metamorfica e non metamorfica; a nord-ovest compaiono litotipi riconducibili sia alla successione Toscana non metamorfica, sia a formazioni alloctone del complesso delle "Liguridi s.l.". Nelle aree di raccordo pianura-rilievi, sono presenti depositi di conoide e alluvioni antiche terrazzate.

Nel sottosuolo della pianura di Lucca si registra la sovrapposizione dei depositi alluvionali più grossolani del Pleistocene Sup.- Olocene sulle argille lacustri villafranchiane, affioranti alla base delle colline che orlano la pianura stessa. I depositi alluvionali orizzonte sabbioso – ghiaiosi, acquiferi, si estendono con continuità sotto tutta la pianura, anche se con spessori variabili. Il progressivo aumento dello spessore delle ghiaie, da una decina di metri fino a valori massimi di oltre 40 metri, da NW verso SE lungo l'allineamento Saltocchio-Lammari-Paganico-Padule, conferma che tale direttrice corrisponde a quella lungo la quale il Serchio ha esercitato per più lungo tempo la sua azione erosiva..

Dai dati stratigrafici si può osservare che l'attuale corso del Serchio risulta forzato e occupante il margine occidentale della pianura. Lo spessore della copertura, in genere assente o assai ridotto in prossimità dell'alveo Serchio ed in corrispondenza della porzione apicale della conoide alluvionale, tende ad aumentare procedendo da Nord verso Sud, lungo il tracciato del paleoSerchio, e con lo spostarsi dal centro verso i margini della pianura alluvionale, ove si assiste ad una parziale interdigitazione dei terreni di copertura con i depositi di conoide. In superficie, i depositi della pianura risultano costituiti da sedimenti prevalentemente limoso-sabbiosi nella porzione centrale, mentre si osservano depositi più fini, talora torbosi, nelle zone meridionali.

4.2. – Carta piezometrica della pianura di Lucca (rilievo maggio 2005)

4.2.1. - Generalità

Le condizioni stratigrafiche della pianura fanno sì che la falda idrica sotterranea si presenti con caratteristiche freatiche nella porzione in cui l'orizzonte ghiaioso-sabbioso, che costituisce l'acquifero, non risulta confinato verso l'alto da terreni impermeabili. Tale situazione si verifica nella maggior parte della piana, perché solo nella porzione centro-meridionale sono presenti in copertura i depositi limoso-argillosi di bassa permeabilità. In queste condizioni la falda acquifera acquista caratteristiche di semiartesianità e di artesianità a mano a mano che si procede da Nord verso Sud.

Una linea di vera e propria demarcazione tra i due tipi di falda non è di facile definizione; si può assumere una fascia di passaggio lungo l'allineamento, da Ovest verso Est, S. Angelo -

S. Donato - Pontetetto - Toringo - Tassignano - Porcari, a Nord della quale si hanno condizioni freatiche per una superficie di pianura all'incirca di 100 Km², mentre l'area posta a Sud, in condizioni semi artesiane od artesiane, si estende per circa 50 Km². Lungo tale fascia di passaggio si hanno, con particolare evidenza nei periodi di ricarica, manifestazioni di risorgenza della falda (linea delle risorgive) con alimentazione di veri e propri corsi d'acqua (Rio Frizzone).

Come per tutte le falde acquifere, la superficie piezometrica è determinata nelle quote e nell'andamento dai livelli di alimentazione e di drenaggio, che impongono i punti estremi al profilo di depressione. Nel caso in esame la falda si apre a ventaglio nella pianura, procedendo da N (all'uscita del Serchio dalla valle incassata) verso SE e SW, assumendo un andamento radiale a filetti divergenti e con un profilo di regola lineare che trova nello sbocco nell'alveo bonificato dell'ex lago di Bientina da un lato e nella stretta di Filettole-Ripafratta dall'altro i suoi punti di drenaggio basale (almeno nell'ambito del territorio considerato).

La tavola d'acqua si trova sempre a modesta profondità dal piano di campagna (massimo 7-8 metri), salvo situazioni locali di particolare abbattimento che si hanno in alcune aree soggette a forti emungimento. Le forme più evidenti della superficie piezometrica sono connesse con la distribuzione e lo spessore dell'acquifero nel sottosuolo. Nella piana si ha un'alternanza di paleoalvei, ove lo spessore dell'acquifero è maggiore, che corrispondono ai principali assi di drenaggio, con zone di interfluvio, in cui tale spessore si riduce e/o sono presenti terreni a permeabilità più bassa.

Tale configurazione è valida in generale e si può riferire a tutte le situazioni osservate nelle campagne piezometriche degli ultimi 30 anni. Ma si può aggiungere che evidente risulta l'effetto di ricarica subalveare in alcuni tratti del F. Serchio, in particolare nel tratto compreso tra S. Pietro a Vico e Carignano in cui si fa sentire di più la posizione pensile del corso d'acqua rispetto alle alluvioni della pianura. Si notano poi alcune depressioni ad isopieze chiuse, localizzate in zone ove sono concentrati emungimenti ad uso acquedottistico ed industriale, che da Est verso Ovest si possono individuare a Sud di Porcari, nel campo pozzi di Gattaiola e nella stretta di Filettole, ove sono concentrati i pompaggi dei pozzi che alimentano gli acquedotti di Pisa e di Livorno.

Gli studi eseguiti dimostrano che all'alimentazione della falda contribuiscono:

- l'infiltrazione meteorica diretta nelle zone di pianura in cui l'acquifero è freatico, senza copertura impermeabile;
- la ricarica dal subalveo del F. Serchio;
- gli afflussi idrici provenienti dai rilievi e dalle vallecole laterali, con particolare evidenza per alcune conoidi sepolte tra le quali, molto marcato, il contributo della conoide di Vorno e quello della conoide di Segromigno;
- l'infiltrazione delle acque irrigue.

4.2.2. - Carta piezometrica del maggio 2005

Il controllo del livello idrico nei pozzi, iniziato fin dal 1971-72, è stato eseguito nel mese di Maggio 2005 su 239 punti d'acqua rappresentativi delle condizioni idrogeologiche della falda idrica sotterranea dislocati in tutta la pianura. Per quanto riguarda i pozzi, che sono stati 218, si tratta, per

una parte limitata, di pozzi scavati a mano, "romani", con rivestimento in muratura o ad anelli, che raggiungono profondità comprese tra 5 e 15 metri. Questi pozzi risultano generalmente inutilizzati, salvo qualche uso agricolo locale. La tipologia di pozzi più diffusa nella pianura è quella di tipo infisso, di piccolo diametro, che sono distribuiti un po' dappertutto, ma che sono particolarmente concentrati nelle aree non ancora servite dai pubblici acquedotti. Solo una parte ridotta dei pozzi è del tipo trivellato, con profondità di solito superiori ai 20 metri, ad uso potabile, industriale o irriguo.

I pozzi superficiali, del tipo "romano" o infisso, in genere non attraversano completamente l'acquifero; quelli trivellati invece sfruttano l'orizzonte sabbioso-ghiaioso nella sua interezza e, quando compaiono intercalazioni impermeabili, in ogni suo livello.

Sono poi stati misurati 21 punti di acque superficiali, in particolar modo sul F. Serchio, in moda da ottenere un dettaglio significativo per quanto riguarda i rapporti fiume-falda.

Il gradiente idraulico è influenzato in generale dalla topografia e, localmente, dalle depressioni forzate indotte da pompaggi concentrati. Il campo di variabilità è compreso tra valori intorno allo 0,5-0,6% nella parte alta e lungo i bordi della piana e minimi di 0,1-0,15% nelle parti mediane, con un valore medio di circa lo 0,3%.

Ai fini del commento della carta (Fig. 1b), è opportuno osservare che il semestre precedente il maggio 2005 (da novembre 2004 ad aprile 2005) è stato caratterizzato da una piovosità più bassa della media del 26%. Il confronto è stato eseguito rispetto ai dati registrati alla stazione pluviometrica di Lucca e relativi a 81 anni di osservazioni (dal 1921 all'aprile 2005, con esclusione di 3 anni: 1928, 1929 e 1930), nel modo seguente:

	<i>semestre novembre-aprile</i>
<i>valore medio (mm)</i>	711,0
<i>anno 2004-05</i>	525,8
<i>scostamento mm</i>	- 185,2
<i>scostamento %</i>	- 26 %

Questo deficit si è ripercosso sui dati piezometrici osservati che nel maggio 2005 non rappresentano una condizione di ricarica, come avviene abitualmente in tale periodo. Infatti si nota un generale abbassamento rispetto ai rilievi primaverili degli anni precedenti con diminuzione dei livelli compresa tra 0,5 e 1,5 metri, particolarmente evidenti in corrispondenza dei pozzi presenti in golena del Serchio, lungo la fascia Ponte S. Pietro – Nozzano, agli acquedotti di Gattaiola e di Paganico, presso la centrale idropotabile di Porcari Centro, loc. Pacconi e con particolare evidenza nella zona industriale di Porcari Sud - Acquedotti del Pollino – Tazzera. Gli abbassamenti minori si rinvengono nella porzione settentrionale della pianura, a cui corrisponde la falda libera, mentre le massime depressioni sono collocate nel settore Sud, in corrispondenza dell'acquifero artesianico.

Si può comunque osservare, nonostante tale deficit stagionale, che la morfologia della superficie piezometrica risulta assimilabile a quelle osservate nelle precedenti campagne, senza sostanziali variazioni rispetto al generale andamento evidenziato nello stesso periodo negli ultimi anni, sia in ordine all'andamento delle fasce di convergenza e di divergenza delle acque, che

evidenziano così i principali assi di drenaggio e di alimentazione, sia in ordine ai gradienti idraulici rilevabili.

La carta evidenzia infine l'effetto di ricarica indotto dalla traversa realizzata in alveo del F. Serchio tra le loc. S. Anna e S. Alessio di cui beneficiano i pozzi di subalveo in riva destra, utilizzati dall'acquedotto di Lucca S. Alessio, e dell'acquedotto sussidiario di Pisa e Livorno.

4.2.3. - Carta piezometrica dell'ottobre 2005

Il controllo del livello idrico nei pozzi, iniziato fin dal 1971-72, è stato eseguito nel mese di Ottobre 2005 su 238 punti d'acqua rappresentativi delle condizioni idrogeologiche della falda idrica sotterranea dislocati in tutta la pianura. Per quanto riguarda i pozzi, che sono stati 217, si tratta, per una parte limitata, di pozzi scavati a mano, "romani", con rivestimento in muratura o ad anelli, che raggiungono profondità comprese tra 5 e 15 metri. Questi pozzi risultano generalmente inutilizzati, salvo qualche uso agricolo locale. La tipologia di pozzi più diffusa nella pianura è quella di tipo infisso, di piccolo diametro, che sono distribuiti un po' dappertutto, ma che sono particolarmente concentrati nelle aree non ancora servite dai pubblici acquedotti. Solo una parte ridotta dei pozzi è del tipo trivellato, con profondità di solito superiori ai 20 metri, ad uso potabile, industriale o irriguo.

I pozzi superficiali, del tipo "romano" o infisso, in genere non attraversano completamente l'acquifero; quelli trivellati invece sfruttano l'orizzonte sabbioso-ghiaioso nella sua interezza e, quando compaiono intercalazioni impermeabili, in ogni suo livello.

Sono poi stati misurati 21 punti di acque superficiali, in particolar modo sul F. Serchio, in modo da ottenere un dettaglio significativo per quanto riguarda i rapporti fiume-falda.

Il gradiente idraulico è influenzato in generale dalla topografia e, localmente, dalle depressioni forzate indotte da pompaggi concentrati. Il campo di variabilità è compreso tra valori intorno allo 0,5-0,6% nella parte alta e lungo i bordi della piana e minimi di 0,1-0,15% nelle parti mediane, con un valore medio di circa lo 0,3%.

Ai fini del commento della carta (Fig. 1b), è opportuno osservare che il semestre precedente l'ottobre 2005 è stato caratterizzato da una piovosità più bassa della media del 13% mentre il semestre precedente (da novembre 2004 ad aprile 2005) era stato caratterizzato da una piovosità più bassa rispetto al valore medio del 26%. Il confronto è stato eseguito rispetto ai dati registrati alla stazione pluviometrica di Lucca e relativi a 81 anni di osservazioni (dal 1921 all'aprile 2005, con esclusione di 3 anni: 1928, 1929 e 1930), nel modo seguente:

	<i>semestre novembre 04 – aprile05</i>	<i>semestre maggio05 - ottobre 05</i>
<i>valore medio (mm)</i>	711,0	487,3
<i>valore relativo al semestre</i>	525,8	424,2
<i>scostamento mm</i>	- 185,2	- 63,1
<i>scostamento %</i>	- 26 %	- 13 %

Questo deficit si è ripercosso sui dati piezometrici osservati, che nel maggio 2005 non hanno rappresentato una condizione di ricarica, come avviene abitualmente in tale periodo. Infatti si notava un generale abbassamento rispetto ai rilievi primaverili degli anni precedenti con diminuzione dei livelli compresa tra 0,5 e 1,5 metri. Gli abbassamenti minori si rinvenivano nella porzione settentrionale della pianura, a cui corrisponde la falda libera, mentre le massime depressioni sono collocate nel settore Sud, in corrispondenza dell'acquifero artesiano. Il rilievo dell'ottobre 2005 conferma ed esaspera queste condizioni di magra, con una diminuzione media della piezometrica variabile tra qualche decina di centimetri fino ad oltre un metro.

Anche in quest'ultimo rilievo tuttavia la morfologia della superficie piezometrica risulta assimilabile a quelle osservate nelle precedenti campagne, senza sostanziali variazioni rispetto al generale andamento evidenziato negli ultimi anni, sia in ordine all'andamento delle fasce di convergenza e di divergenza delle acque, che evidenziano così i principali assi di drenaggio e di alimentazione, sia in ordine ai gradienti idraulici rilevabili.

Anche la carta dell'ottobre 2005 evidenzia l'effetto di ricarica indotto dalla traversa realizzata in alveo del F. Serchio tra le loc. S. Anna e S. Alessio di cui beneficiano i pozzi di subalveo in riva destra, utilizzati dall'acquedotto di Lucca S. Alessio, e dell'acquedotto sussidiario di Pisa e Livorno.

4.3. – Carte piezometriche di dettaglio nelle aree dei campi pozzi di S. Pietro a Vico, Salicchi, S. Alessio, Nozzano-Filettole (rilievo maggio 2005)

4.3.1. – Premessa

La Tav. 2 comprende le carte piezometriche di dettaglio nelle aree dei campi pozzi di S. Pietro a Vico, Salicchi, S. Alessio, Nozzano-Filettole, relative al rilievo del maggio 2005.

Si deve osservare che le carte suddette rappresentano dei dettagli della cartografia più generale rappresentata in Fig. 1b e che, come quella, si riferiscono ad un periodo, se pur primaverile, preceduto da un semestre con afflusso meteorico del 26% inferiore alla media stagionale, con limitata ricarica della falda sotterranea.

Si deve inoltre osservare che i rilievi sono stati eseguiti tenendo conto dei pozzi e piezometri attualmente disponibili nelle 4 aree d'indagine, mentre il progetto Life prevede, in un prossimo futuro, la realizzazione di alcuni sondaggi piezometrici che verranno ad integrare i dati attuali, in modo da perfezionare l'attuale quadro piezometrico locale. Infine si fa presente che le quote di riferimento dei vari punti di controllo sono state stimate facendo riferimento alle quote della Carta Tecnica Regionale, in attesa di poter realizzare un'accurata livellazione dei punti d'acqua mediante sistema satellitare GPS.

4.3.2. – Area del campo pozzi di S. Pietro a Vico (acquedotto intercomunale Lucca-Capannori)

4.3.2.1. – Inquadramento idrogeologico locale

L'area indagata riguarda terreni posti in riva destra e sinistra del Serchio, anche se i pozzi dell'acquedotto intercomunale Lucca-Capannori sono collocati su quest'ultima, nella golena

adiacente alla loc. "Corte Geppetto". Il quadro idrogeologico della zona è caratterizzato, in sintesi, da:

- Un **orizzonte di copertura limoso-sabbioso**, con locali livelli limoso-argillosi, di spessore modesto (3-4 m). Dai dati disponibili è noto che questo orizzonte è caratterizzato da un coefficiente di permeabilità compreso tra 2×10^{-6} cm/sec (sabbie limose e limi sabbiosi). Spessore e permeabilità non sono tali da costituire una valida protezione dell'acquifero sottostante, soprattutto in ordine ad eventuali contaminanti derivanti dalle coltivazioni agricole presenti nell'area.
- Il **livello acquifero**, formato dai depositi alluvionali (sabbie e ghiaie) del Serchio, presenta uno spessore di 6-8 metri nei 2 pozzi dell'acquedotto intercomunale posti in golena del fiume, di elevata permeabilità, fino a valori massimi di 1 cm/sec; esso si riduce in spessore e permeabilità procedendo verso il bordo collinare.
- Il **substrato impermeabile** è formato da terreni argillosi preconsolidati, di origine lacustre, è posto a 12-15 metri di profondità in corrispondenza dei pozzi in golena e affiora sulle colline di Moriano, ad Ovest della zona.

I due pozzi al momento eseguiti fanno parte del primo lotto del progetto per la realizzazione dell'acquedotto intercomunale Lucca-Capannori, che prevede la realizzazione di n. 6 pozzi, di cui 4 in territorio lucchese e 2 in territorio capannorese.

L'acquifero a cui attingono i 2 pozzi dell'acquedotto, oltre ad una costante ricarica da parte del Serchio, presenta anche valori molto elevati di trasmissività (8×10^{-1} mq/sec) e di produttività (la portata specifica dei pozzi in golena supera i 20 l/sec per metro di abbassamento).

4.3.2.2. – Carta piezometrica del Maggio 2005

L'andamento della falda sotterranea rispecchia una situazione statica in quanto i pozzi dell'acquedotto in golena del Serchio non sono ancora in attività ed è in sintonia con quanto già noto dalle precedenti campagne piezometriche.

Si conferma infatti che la direzione di flusso è principalmente disposta da NW verso SE, con il Serchio che risulta drenare la falda in riva destra ed alimentare la stessa in riva sinistra; la direzione di flusso forma un angolo di circa 65° con l'asse del corso d'acqua ed il gradiente idraulico della falda è dell'ordine dello 0,7%.

Nel momento in cui i due pozzi dell'acquedotto intercomunale entreranno in attività si verificherà senza dubbio un'alterazione delle isopieze che tuttavia, tenendo conto dei dati ricavati durante il collaudo dei pozzi e delle simulazioni effettuate imponendo le portate di regime di 20 l/sec cadauno, si concretizzerà un abbassamento non superiore ai 2 m in asse pozzo. In tali condizioni la zona di richiamo dovuta alla depressione indotta dal pompaggio non si estenderà molto (circa un centinaio di metri) oltre i pozzi, individuando a breve distanza uno spartiacque al di là del quale la falda proseguirà il suo corso naturale senza essere influenzata dall'emungimento.

La carta piezometrica conferma che l'alimentazione dei pozzi dipende in pratica esclusivamente dalla ricarica subalveare del Serchio ed in tale contesto la definizione e gestione delle aree di rispetto (protezione statica) dovrà essere accompagnata da un sistema di monitoraggio

in continuo della qualità delle acque fluviali in un punto di controllo posto a monte dell'area di emungimento (protezione dinamica).

4.3.3. – Area del campo pozzi di Salicchi

4.3.3.1. – Inquadramento idrogeologico locale

L'area presa in esame nella carta piezometrica comprende, in riva destra, la zona di confluenza del T. Freddana nel Serchio e, in sinistra, la fascia di golena interessata dal campo pozzi della loc. Salicchi, che servono l'acquedotto civico della città di Lucca. I pozzi interessano depositi alluvionali recenti, rappresentati da ghiaie e sabbie in genere a grana media o grossa, alternati a livelli più fini, generalmente sabbioso - limosi, depositi dal Fiume Serchio. I livelli di ghiaie e sabbie presenti costituiscono l'acquifero captato. I depositi alluvionali presentano al loro tetto una copertura più fine, costituita in genere da terreni limosi, limoso argillosi o limoso-sabbiosi (il cosiddetto "bellettone") disposti in alternanze e lenti di forma più o meno regolare e di spessore variabile. Tale copertura presenta una permeabilità media di 2.6×10^{-6} cm/sec. Le stratigrafie rilevate durante l'esecuzione dei pozzi hanno mostrato come i terreni sopra citati abbiano, in loco, uno spessore medio di circa 6.00 metri, mentre l'acquifero ha uno spessore di 7-8 m ed una elevata Trasmittività (5×10^{-2} m²/sec).

A letto del livello ghiaioso che costituisce l'acquifero, a partire da profondità variabili, ma in media di circa 13-14 m dal p.c., sono presenti depositi conglomeratici, sabbioso - argillosi ed argillosi di origine fluvio-lacustre, complessivamente impermeabili. I sedimenti fluvio-lacustri sopra descritti, il cui spessore è molto variabile, poggiano localmente (in genere ad una ventina di metri di profondità), su di un substrato roccioso impermeabile (flysch argillitico) anch'esso modellato da antichi fenomeni erosivi come dimostrato dalla variabilità delle profondità alle quali è stato incontrato. In alcuni casi questo risulta pressoché a contatto con le alluvioni recenti del Serchio, con assenza od esiguo spessore dei sedimenti fluvio-lacustri che generalmente sono interposti ad esso.

4.3.3.2. – Carta piezometrica del Maggio 2005

L'andamento della falda sotterranea, noto da tempo, conferma una direttrice di flusso che è principalmente disposta da NW verso SE, con il Serchio che, anche in questo caso, drena la falda in riva destra ed alimenta la stessa in riva sinistra; la direzione di flusso forma un angolo tra 80° e 90° con l'asse del corso d'acqua, a conferma della ricarica operata dal fiume, ed il gradiente idraulico della falda è dell'ordine dello 0,6%. La ricarica è mantenuta pressoché costante dalla presenza, in alveo del F: Serchio, della traversa posta immediatamente a valle del ponte di S. Quirico, che produce nel fiume una sorta di bacino di alimentazione permanente della falda. Il quadro idrodinamico dei 9 pozzi a regime non sembra produrre apprezzabili effetti di abbassamento sul livello piezometrico, che, al di là del cono di depressione presente nei singoli pozzi, non evidenzia curve con isopieze chiuse intorno all'area di pompaggio. A valle dei punti di prelievo la falda prosegue infatti il suo flusso naturale senza essere significativamente influenzata dall'emungimento.

Anche per questo campo pozzi, come a S. Pietro a Vico, la definizione e la gestione delle aree di rispetto (protezione statica) dovrà essere accompagnata da un sistema di monitoraggio in continuo della qualità delle acque fluviali del Serchio in un punto di controllo posto a monte dell'area di emungimento (protezione dinamica).

4.3.4. – Area del campo pozzi di S. Alessio

4.3.4.1. – Inquadramento idrogeologico locale

Il quadro idrogeologico della zona è caratterizzato, in sintesi, da:

- Un **orizzonte di copertura limoso-sabbioso**, con locali livelli limoso-argillosi, di spessore variabile ma sempre contenuto tra i 5 e i 10 metri, crescente dal Serchio verso le colline. Dai dati disponibili è noto che questo orizzonte è caratterizzato da un coefficiente di permeabilità compreso tra 2.6×10^{-3} cm/sec (sabbie fini) e 1.2×10^{-6} cm/sec (orizzonti prevalentemente limosi o limoso-argillosi). Spessore e permeabilità non sono tali da costituire una valida protezione dell'acquifero sottostante.
- Il **livello acquifero**, formato dai depositi alluvionali (sabbie e ghiaie) del Serchio, con spessore massimo di 18 metri nei pozzi di Pisa-Livorno posti in golena del fiume, di elevata permeabilità, fino a valori massimi di 1 cm/sec; esso si riduce in spessore e permeabilità procedendo verso il bordo collinare.
- Il **substrato impermeabile** è formato da terreni argillosi preconsolidati, di origine lacustre, è posto a 23-24 metri di profondità in corrispondenza dei pozzi in golena e affiora sulle colline di Monte S. Quirico - S. Alessio - Carignano.

L'acquifero, oltre ad una costante ricarica, presenta anche valori molto elevati di trasmissività (sempre superiore a 10^{-1} mq/sec) e di produttività (la portata specifica dei pozzi in golena supera i 50 l/sec per metro di abbassamento). La sua alimentazione principale avviene attraverso apporti diretti derivanti, vista l'elevata permeabilità, dalla ricarica di subalveo del Serchio; contributi minori sono forniti dall'infiltrazione diretta nei terreni alluvionali, stante la scarsa protezione della copertura, e dagli apporti provenienti dai rilievi collinari tramite i locali corsi d'acqua ed i loro apparati di conoide, che si anastomizzano con le alluvioni della pianura.

Ancora in merito ai rapporti con il F. Serchio, si deve osservare che i pozzi utilizzati per uso acquedottistico (Acquedotti di Pisa Livorno e di S. Alessio), attingono acqua dal subalveo del fiume, vale a dire da quella zona perennemente satura posta al di sotto ed ai lati del letto del corso d'acqua, senza avere rapporti diretti con le acque superficiali che defluiscono nel letto con velocità, dell'ordine dei m/sec, da 5.000 a 10.000 volte superiore della velocità con cui si muovono le acque nella falda. Pertanto i pozzi subalveari, a meno di un inquinamento persistente a lungo nel fiume, non risentono degli sversamenti accidentali che il corso d'acqua può smaltire rapidamente nell'arco di tempi brevi.

4.3.4.2. – Carta piezometrica del Maggio 2005

L'andamento della falda sotterranea rispecchia una situazione nel complesso dinamica, con i pozzi dell'acquedotto in golena del Serchio in pompaggio, in sintonia con quanto già evidenziato in precedenti campagne piezometriche.

Si conferma infatti che la direzione principale di flusso è principalmente disposta da E verso W, con alimentazione principale attraverso apporti diretti derivanti in prevalenza dalla ricarica di subalveo del Serchio, incrementata dalla presenza della traversa in alveo a circa 2,5 Km a valle del ponte di Monte S. Quirico. La falda risulta disturbata solo localmente, e con depressioni

contenute entro 1-2 metri, dai pompaggi nei pozzi di golena. Contributi minori sono forniti dall'infiltrazione diretta nei terreni alluvionali, stante la ridotta protezione della copertura, e dagli apporti provenienti dai rilievi collinari tramite i locali corsi d'acqua ed i loro apparati di conoide, che si anastomizzano con le alluvioni della pianura e che presentano direzioni di flusso in generale disposte in senso da NNE verso SSW. La falda risulta drenata dal Serchio a valle della traversa in alveo che provoca un salto nei livelli (superficiale e sotterraneo) di circa m 1,50,

Per i motivi esposti anche in questo campo pozzi, come per i precedenti, la definizione e la gestione delle aree di rispetto (protezione statica) dovrà essere accompagnata da un sistema di monitoraggio in continuo della qualità delle acque fluviali del Serchio in un punto di controllo posto a monte dell'area di emungimento (protezione dinamica).

4.3.5. – Area del campo pozzi di Nozzano-Filettole

4.3.5.1. – Inquadramento idrogeologico locale

L'area in studio comprende la fascia di terreni, posti in prevalenza in destra del F. Serchio, che va da Nozzano a Filettole.

In questa zona insistono l'acquedotto di Nozzano, che serve la porzione occidentale del territorio comunale di Lucca, e l'acquedotto di Filettole, che alimenta gli acquedotti della città di Pisa e di Livorno.

Il campo pozzi di Nozzano è posto in prossimità dello sbocco della vallecola di Balbano nella pianura lucchese percorsa dal Serchio. I 4 pozzi interessano terreni costituiti da sedimenti alluvionali recenti, depositi dal fiume e dai suoi affluenti laterali. I terreni in questione sono generalmente rappresentati, nella porzione più superficiale, da livelli piuttosto fini, generalmente sabbioso - limosi ("*bellettone*") che, più in profondità passano ad orizzonti più grossolani, rappresentati da sabbie spesso a grana media o grossa e da ghiaie che costituiscono l'acquifero captato.

La stratigrafia rilevata durante l'esecuzione dell'ultimo pozzo realizzato nel 1993 (il n. 1, sostitutivo di uno preesistente, franato) ha mostrato che i terreni di copertura hanno, in loco, uno spessore di circa 17.50 metri. A letto dell'orizzonte acquifero, compreso nel suo complesso tra i 17.50 ed i 33.0 m dal p.c., si incontrano depositi conglomeratici, argilloso-sabbiosi ed argillosi di origine fluvio - lacustre, complessivamente impermeabili o scarsamente permeabili.

In tale condizioni la falda presenta caratteristiche di confinamento, con parziale risalienza. La Trasmissività è alta, dell'ordine di $4,5 \times 10^{-2} \text{ m}^2/\text{sec}$

Più a valle, la stretta di Filettole-Ripafratta rappresenta, dal punto di vista geomorfologico, una soglia di tracimazione incisa nelle arenarie oligoceniche ("*macigno*") e successivamente colmata con un materasso alluvionale, ad opera del F. Serchio; il fiume, dopo aver riempito con le sue alluvioni la pianura di Lucca (I e II ciclo lacustre del Villafranchiano - Quaternario medio) ed essere stato per lungo tempo tributario di destra dell'Arno, abbandonò in fasi successive il vecchio alveo aprendosi uno sbocco autonomo verso il mare attraverso la soglia di Ripafratta.

La successione dei depositi alluvionali nella stretta è facilmente ricostruibile poiché questo tratto della valle del Serchio è stato oggetto, a partire dal 1910, di indagini geognostiche e

idrogeologiche effettuate per mezzo di numerosi sondaggi e pozzi. Il materasso alluvionale che ricopre il substrato roccioso ha uno spessore di 40-50 metri ed è costituito, in generale, da materiali a grana crescente dall'alto verso il basso con una successione di argille, limi, sabbie e ghiaie; tali depositi, per le tipiche modalità del processo di sedimentazione fluviale, presentano frequenti variazioni nella grana sia in senso verticale che orizzontale; in particolare, presso i fianchi della valle, le alluvioni dell'asta fluviale divengono più fini e ad esse si intercalano localmente i depositi di deiezione di alcuni affluenti laterali.

Il campo pozzi di Filettole risulta composto da un numero complessivo pari a 27 punti di prelievo dei quali 10 sono a servizio della rete acquedottistica di Livorno e localizzati nel settore più a nord, e n. 17 a servizio dell'acquedotto di Pisa collocati nel settore centrale ed in quello meridionale dell'area. La portata media complessiva dei 27 pozzi è di 550 l/sec.

Per l'area dei pozzi è possibile definire, in base ai dati acquisiti, la presenza di una copertura costituita da depositi fini limoso-argillosi e limoso-sabbiosi, con spessore variabile tra circa 9 m e 14 m, con il maggiore spessore in prossimità dell'area di Filettole. Al di sotto di questa copertura è presente il livello acquifero di natura sabbioso-ghiaiosa con spessore variabile di circa 25-30 m nel settore sud (area Filettole) e con Trasmissività media di $\times 10^{-2}$ m²/sec. L'acquifero è confinato verso il basso dai depositi fluvio-lacustri sovraconsolidati e impermeabili di natura argilloso-ghiaiosa.

La falda, che ha caratteristiche di parziale artesianità, trae alimentazione in prevalenza dal F. Serchio a monte della zona in esame, attraverso una fascia di ricarica posta in corrispondenza delle zone della pianura di Lucca in cui l'attuale corso del fiume è in diretta connessione con le sue alluvioni. Di tali punti di alimentazione il più vicino alla soglia di Filettole è quello posto all'altezza della linea Nozzano-Montuolo, a 2 Km circa a monte della soglia stessa dove in pratica avviene la confluenza delle varie componenti della ricarica della falda profonda; in tale zona vengono inoltre a confluire anche le acque sotterranee della vallecchia di Balbano.

Dagli studi eseguiti sui *rapporti tra le acque del fiume e quelle del subalveo* (Canalis et alii, 1910 - Cuppari, 1911- Gioli, 1911 - Furbetta-Lapucci, 1968 ecc.) si può escludere invece che sussista una diretta connessione tra le due acque in loco, essendo il letto del fiume separato dalle alluvioni grossolane da un orizzonte, anche se di spessore variabile, di terreni fini impermeabili.

Le acque freatiche, alimentate da una locale circolazione superficiale in diretta connessione con le precipitazioni, presentano un equilibrio con la falda artesianica già notato dallo stesso Cuppari e confermato da studi successivi; infatti tali acque, provenienti da affluenti dei due fianchi vallivi, vengono ad infiltrarsi nei depositi di deiezione di media permeabilità che sono eteropici verso valle con le sabbie entro cui è contenuta la falda artesianica. In tal modo le acque freatiche risultano tamponate da quelle artesiane ed ogni variazione di livello di queste ultime condiziona l'equilibrio delle prime.

4.3.5.2. – Carta piezometrica del Maggio 2005

La carta piezometrica comprende tutta la zona che si estende da Nozzano a Filettole ed è parte della fascia più occidentale della pianura lucchese. In tale contesto, l'assetto morfologico della falda sotterranea come si può osservare dalla carta piezometrica generale della pianura (Tav. 1b) e gli studi idrogeologici condotti sulla Piana di Lucca consentono di distinguere tre diversi settori lungo l'asse del F. Serchio a valle di S. Alessio, con differenti caratteristiche di rapporti con il fiume. In particolare si osserva un *prima zona*, compresa tra S. Alessio a nord e S. Maria a Colle a sud

(confluenza del T. Contesora in Serchio) in cui l'alimentazione della falda deriva essenzialmente dal subalveo del F. Serchio. In tale settore si nota una perfetta correlazione tra i livelli del Serchio e i livelli di falda, con ricarica diretta e rapida ripercussione piezometrica delle ondate di piena, mentre l'escursione annua dei livelli si aggira intorno ai metri 1.5 - 2.0. Procedendo verso sud-sudovest si passa ad una *seconda zona*, localizzata tra le confluenze dei torrenti Contesora e Dogaia di Nozzano (vallecola di Balbano), ove è collocato il campo pozzi di Nozzano, in cui si hanno caratteristiche intermedie, ancora con rapporti diretti tra fiume e falda. La *terza zona*, posta a valle di Nozzano, in cui ricade anche il campo pozzi di Filettole, è contraddistinta da condizioni di artesianità della falda per l'aumento dello spessore dell'orizzonte di copertura, ed in essa non sono più presenti rapporti diretti tra la falda ed il fiume. Procedendo ancora più verso sud, in direzione di Vecchiano, alla falda profonda artesianiana si sovrappone una falda superficiale di tipo freatico, sviluppata nei primi 10-15 metri dal p.c. e caratterizzata da rapporti diretti con il fiume.

Deve essere inoltre evidenziata la presenza di una importante componente di alimentazione secondaria proveniente dalla vallecola di Balbano-Nozzano e con circolazione all'interno dei litotipi calcarei che caratterizzano tale dorsale collinare, che rappresenta una terminazione dei rilievi apuani.

L'andamento di dettaglio dei livelli piezometrici del maggio 2005 conferma questo schema generale ed evidenzia, fino a Nozzano, uno scambio idrico tra fiume e falda con gradienti blandi, con valori dell'ordine di $1-1,5 \times 10^{-3}$, mentre a valle di Nozzano le isopieze individuano un asse di drenaggio ben definito sulla sponda destra del Serchio, corrispondente all'allineamento dei 2 campi pozzi, con incremento del gradiente che passa a valori intorno a 3×10^{-3} . L'abbassamento determinato dal campo pozzi di Filettole si unisce all'effetto del pompaggio dai pozzi di Nozzano, producendo un'evidente alterazione morfologica della tavola d'acqua a partire dall'area posta a circa 500 metri a monte del ponte della ferrovia Lucca-Viareggio. A partire da tale località la carta mostra una netta rottura di pendenza nel profilo della falda.

Per questi due campi pozzi, in base alle caratteristiche stratigrafiche e idrogeologiche locali, la definizione e la gestione delle aree di rispetto (protezione statica) deve essere accompagnata, oltre che dal monitoraggio delle acque fluviali, dalla creazione di una rete di piezometri "di sorveglianza" a monte delle due aree, su cui eseguire un controllo periodico (meglio sarebbe se in continuo) della qualità dell'acqua di falda captata (protezione dinamica)

4.4. – Carte piezometriche di dettaglio nelle aree dei campi pozzi di S. Pietro a Vico, Salicchi, S. Alessio, Nozzano-Filettole (rilievo ottobre 2005)

4.4.1. – Premessa

La Tav. 2 comprende le carte piezometriche di dettaglio nelle aree dei campi pozzi di S. Pietro a Vico, Salicchi, S. Alessio, Nozzano-Filettole, relative al rilievo del ottobre 2005.

Si deve osservare che le carte suddette rappresentano dei dettagli della cartografia più generale rappresentata in Fig. 1b e che, come quella, si riferiscono ad un periodo preceduto da un semestre con afflusso meteorico del 13% inferiore alla media stagionale, con limitata ricarica della falda sotterranea.

Si deve inoltre osservare che i rilievi sono stati eseguiti tenendo conto dei pozzi e piezometri attualmente disponibili nelle 4 aree d'indagine. In concomitanza col rilievo effettuato erano in

corso di realizzazione n. 6 sondaggi piezometrici. Questi piezometri andranno ad integrare i dati attuali, in modo da perfezionare l'attuale quadro piezometrico locale. Al momento del rilievo dell'ottobre 2005 non è stato possibile utilizzare gli stessi in quanto ancora in corso di realizzazione. I nuovi 6 piezometri saranno utilizzati a partire dalla campagna primaverile del 2006.

Infine si ricorda che le quote di riferimento dei vari punti di controllo sono state stimate facendo riferimento alle quote della Carta Tecnica Regionale, in attesa di poter realizzare un'accurata livellazione dei punti d'acqua mediante sistema satellitare GPS.

4.4.2. – Area del campo pozzi di S. Pietro a Vico (acquedotto intercomunale Lucca-Capannori)

4.4.2.1. – Inquadramento idrogeologico locale

L'area indagata riguarda terreni posti in riva destra e sinistra del Serchio, anche se i pozzi dell'acquedotto intercomunale Lucca-Capannori sono collocati su quest'ultima, nella golena adiacente alla loc. "Corte Geppetto". Il quadro idrogeologico della zona è caratterizzato, in sintesi, da:

- Un **orizzonte di copertura limoso-sabbioso**, con locali livelli limoso-argillosi, di spessore modesto (3-4 m). Dai dati disponibili è noto che questo orizzonte è caratterizzato da un coefficiente di permeabilità compreso tra 2×10^{-6} cm/sec (sabbie limose e limi sabbiosi). Spessore e permeabilità non sono tali da costituire una valida protezione dell'acquifero sottostante, soprattutto in ordine ad eventuali contaminanti derivanti dalle coltivazioni agricole presenti nell'area.
- Il **livello acquifero**, formato dai depositi alluvionali (sabbie e ghiaie) del Serchio, presenta uno spessore di 6-8 metri nei 2 pozzi dell'acquedotto intercomunale posti in golena del fiume, di elevata permeabilità, fino a valori massimi di 1 cm/sec; esso si riduce in spessore e permeabilità procedendo verso il bordo collinare.
- Il **substrato impermeabile** è formato da terreni argillosi preconsolidati, di origine lacustre, è posto a 12-15 metri di profondità in corrispondenza dei pozzi in golena e affiora sulle colline di Moriano, ad Ovest della zona.

I due pozzi al momento eseguiti fanno parte del primo lotto del progetto per la realizzazione dell'acquedotto intercomunale Lucca-Capannori, che prevede la realizzazione di n. 6 pozzi, di cui 4 in territorio lucchese e 2 in territorio capannorese.

L'acquifero a cui attingono i 2 pozzi dell'acquedotto, oltre ad una costante ricarica da parte del Serchio, presenta anche valori molto elevati di trasmissività (8×10^{-1} mq/sec) e di produttività (la portata specifica dei pozzi in golena supera i 20 l/sec per metro di abbassamento).

4.4.2.2. – Carta piezometrica dell'Ottobre 2005

L'andamento della falda sotterranea rispecchia una situazione statica in quanto i pozzi dell'acquedotto in golena del Serchio non sono ancora in attività ed è in sintonia con quanto già noto dalle precedenti campagne piezometriche.

Si conferma infatti che la direzione di flusso è principalmente disposta da NW verso SE, con il Serchio che risulta drenare la falda in riva destra ed alimentare la stessa in riva sinistra; rispetto al rilievo del maggio 2005 risulta alquanto variata la direzione di flusso dal fiume verso i pozzi in quanto la stessa forma un angolo di non più di 30° (contro i 65° precedenti) con l'asse del corso d'acqua mentre il gradiente idraulico della falda è, come in primavera, dell'ordine dello 0,3%.

Si ribadisce anche che, nel momento in cui i due pozzi dell'acquedotto intercomunale entreranno in attività, si verificherà senza dubbio un'alterazione delle isopieze che tuttavia, tenendo conto dei dati ricavati durante il collaudo dei pozzi e delle simulazioni effettuate imponendo le portate di regime di 20 l/sec cadauno, si concretizzerà un abbassamento non superiore ai 2 m in asse pozzo. In tali condizioni la zona di richiamo dovuta alla depressione indotta dal pompaggio non si estenderà molto (circa un centinaio di metri) oltre i pozzi, individuando a breve distanza uno spartiacque al di là del quale la falda proseguirà il suo corso naturale senza essere influenzata dall'emungimento.

La carta piezometrica conferma che l'alimentazione dei pozzi dipende in pratica esclusivamente dalla ricarica subalveare del Serchio ed in tale contesto la definizione e gestione delle aree di rispetto (protezione statica) dovrà essere accompagnata da un sistema di monitoraggio in continuo della qualità delle acque fluviali in un punto di controllo posto a monte dell'area di emungimento (protezione dinamica).

4.4.3. – Area del campo pozzi di Salicchi

4.4.3.1. – Inquadramento idrogeologico locale

L'area presa in esame nella carta piezometrica comprende, in riva destra, la zona di confluenza del T. Freddana nel Serchio e, in sinistra, la fascia di golena interessata dal campo pozzi della loc. Salicchi, che servono l'acquedotto civico della città di Lucca. I pozzi interessano depositi alluvionali recenti, rappresentati da ghiaie e sabbie in genere a grana media o grossa, alternati a livelli più fini, generalmente sabbioso - limosi, deposti dal Fiume Serchio. I livelli di ghiaie e sabbie presenti costituiscono l'acquifero captato. I depositi alluvionali presentano al loro tetto una copertura più fine, costituita in genere da terreni limosi, limoso argillosi o limoso-sabbiosi (il cosiddetto "bellettone") disposti in alternanze e lenti di forma più o meno regolare e di spessore variabile. Tale copertura presenta una permeabilità media di 2.6×10^{-6} cm/sec. Le stratigrafie rilevate durante l'esecuzione dei pozzi hanno mostrato come i terreni sopra citati abbiano, in loco, uno spessore medio di circa 6.00 metri, mentre l'acquifero ha uno spessore di 7-8 m ed una elevata Trasmissività (5×10^{-2} m²/sec).

A letto del livello ghiaioso che costituisce l'acquifero, a partire da profondità variabili, ma in media di circa 13-14 m dal p.c., sono presenti depositi conglomeratici, sabbioso - argillosi ed argillosi di origine fluvio-lacustre, complessivamente impermeabili. I sedimenti fluvio-lacustri sopra descritti, il cui spessore è molto variabile, poggiano localmente (in genere ad una ventina di metri di profondità), su di un substrato roccioso impermeabile (flysch argillitico) anch'esso

modellato da antichi fenomeni erosivi come dimostrato dalla variabilità delle profondità alle quali è stato incontrato. In alcuni casi questo risulta pressoché a contatto con le alluvioni recenti del Serchio, con assenza od esiguo spessore dei sedimenti fluvio-lacustri che generalmente sono interposti ad esso.

4.4.3.2. – Carta piezometrica dell'Ottobre 2005

Per quanto riguarda la piezometrica rispetto al rilievo di maggio si nota un abbassamento generale compreso tra 0,5 ed 1,0 m. L'andamento della falda sotterranea, noto da tempo, conferma comunque una direttrice di flusso che è principalmente disposta da NW verso SE, con il Serchio che, anche in questo caso, drena la falda in riva destra ed alimenta la stessa in riva sinistra; la direzione di flusso, inalterata rispetto al rilievo precedente, forma un angolo tra 80° e 90° con l'asse del corso d'acqua, a conferma della ricarica operata dal fiume, ed il gradiente idraulico della falda si conferma dell'ordine dello 0,6%. La ricarica è mantenuta pressoché costante dalla presenza, in alveo del F: Serchio, della traversa posta immediatamente a valle del ponte di S. Quirico, che produce nel fiume una sorta di bacino di alimentazione permanente della falda. In tale contesto il quadro idrodinamico dei 9 pozzi a regime non sembra produrre apprezzabili effetti di abbassamento sul livello piezometrico, che, al di là del cono di depressione presente nei singoli pozzi, non evidenzia curve con isopieze chiuse intorno all'area di pompaggio. A valle dei punti di prelievo la falda prosegue infatti il suo flusso naturale verso SE senza essere significativamente influenzata dall'emungimento.

Anche per questo campo pozzi, come a S. Pietro a Vico, la definizione e la gestione delle aree di rispetto (protezione statica) dovrà essere accompagnata da un sistema di monitoraggio in continuo della qualità delle acque fluviali del Serchio in un punto di controllo posto a monte dell'area di emungimento (protezione dinamica).

4.4.4. – Area del campo pozzi di S. Alessio

4.4.4.1. – Inquadramento idrogeologico locale

Il quadro idrogeologico della zona è caratterizzato, in sintesi, da:

- Un **orizzonte di copertura limoso-sabbioso**, con locali livelli limoso-argillosi, di spessore variabile ma sempre contenuto tra i 5 e i 10 metri, crescente dal Serchio verso le colline. Dai dati disponibili è noto che questo orizzonte è caratterizzato da un coefficiente di permeabilità compreso tra 2.6×10^{-3} cm/sec (sabbie fini) e 1.2×10^{-6} cm/sec (orizzonti prevalentemente limosi o limoso-argillosi). Spessore e permeabilità non sono tali da costituire una valida protezione dell'acquifero sottostante.
- Il **livello acquifero**, formato dai depositi alluvionali (sabbie e ghiaie) del Serchio, con spessore massimo di 18 metri nei pozzi di Pisa-Livorno posti in golena del fiume, di elevata permeabilità, fino a valori massimi di 1 cm/sec; esso si riduce in spessore e permeabilità procedendo verso il bordo collinare.
- Il **substrato impermeabile** è formato da terreni argillosi preconsolidati, di origine lacustre, è posto a 23-24 metri di profondità in corrispondenza dei pozzi in golena e affiora sulle colline di Monte S. Quirico - S. Alessio - Carignano.

L'acquifero, oltre ad una costante ricarica, presenta anche valori molto elevati di trasmissività (sempre superiore a 10^{-1} mq/sec) e di produttività (la portata specifica dei pozzi in golena supera i 50 l/sec per metro di abbassamento). La sua alimentazione principale avviene attraverso apporti diretti derivanti, vista l'elevata permeabilità, dalla ricarica di subalveo del Serchio; contributi minori sono forniti dall'infiltrazione diretta nei terreni alluvionali, stante la scarsa protezione della copertura, e dagli apporti provenienti dai rilievi collinari tramite i locali corsi d'acqua ed i loro apparati di conoide, che si anastomizzano con le alluvioni della pianura.

Ancora in merito ai rapporti con il F. Serchio, si deve osservare che i pozzi utilizzati per uso acquedottistico (Acquedotti di Pisa Livorno e di S. Alessio), attingono acqua dal subalveo del fiume, vale a dire da quella zona perennemente satura posta al di sotto ed ai lati del letto del corso d'acqua, senza avere rapporti diretti con le acque superficiali che defluiscono nel letto con velocità, dell'ordine dei m/sec, da 5.000 a 10.000 volte superiore della velocità con cui si muovono le acque nella falda. Pertanto i pozzi subalveari, a meno di un inquinamento persistente a lungo nel fiume, non risentono degli sversamenti accidentali che il corso d'acqua può smaltire rapidamente nell'arco di tempi brevi.

4.4.4.2. – Carta piezometrica dell'Ottobre 2005

L'andamento della falda sotterranea continua a riflettere una situazione nel complesso dinamica, con i pozzi dell'acquedotto in golena del Serchio in pompaggio, in sintonia con quanto già evidenziato in precedenti campagne piezometriche.

Si conferma infatti, a parte un generale modesto abbassamento della piezometrica che è di circa 0,2-0,4 m rispetto al rilievo di maggio, che la direzione principale di flusso è principalmente disposta da E verso W, con alimentazione principale attraverso apporti diretti derivanti in prevalenza dalla ricarica di subalveo del Serchio, incrementata dalla presenza della traversa in alveo a circa 2,5 Km a valle del ponte di Monte S. Quirico. La falda risulta disturbata solo localmente, e con depressioni contenute entro 1-2 metri, dai pompaggi nei pozzi di golena. Contributi minori sono forniti dall'infiltrazione diretta nei terreni alluvionali, stante la ridotta protezione della copertura, e dagli apporti provenienti dai rilievi collinari tramite i locali corsi d'acqua ed i loro apparati di conoide, che si anastomizzano con le alluvioni della pianura e che presentano direzioni di flusso in generale disposte in senso da NNE verso SSW. La falda risulta drenata dal Serchio a valle della traversa in alveo che provoca un salto nei livelli (superficiale e sotterraneo) di circa m 1,50,

Si ritiene opportuno richiamare quanto già definito nelle indagini svolte nel 2003 con il coordinamento dell'Autorità di Ambito Toscana Nord ai fini dell'individuazione delle aree di salvaguardia del campo pozzi. Nel caso in esame, trattandosi di una falda non confinata e non protetta, con vulnerabilità intrinseca da alta ad elevata e con tempi di infiltrazione e di transito in falda assai ridotti, risulta difficile definire e gestire una perimetrazione basata sul *criterio temporale*, che fondamentalmente tiene conto del tempo di sicurezza. In questo caso risulta più appropriata l'applicazione del *criterio idrogeologico*, metodo previsto dalle normative di riferimento come basato sugli elementi idrogeologici specifici dell'acquifero e dei suoi limiti e che viene usualmente applicato alle zone di rispetto dei pozzi in condizioni idrogeologiche di particolare complessità che impediscono l'utilizzo del criterio temporale.

Effettivamente, vista la tipologia e la localizzazione dei pozzi da tutelare, situati a breve distanza dal F. Serchio che fornisce il principale contributo alla ricarica, non è praticabile l'applicazione del criterio temporale comunemente usato per i pozzi posti ad una certa distanza dal fronte di ricarica, ma risulta opportuno proporre la definizione di un'area di rispetto ristretta delimitata da un lato dallo stesso corso d'acqua che alimenta la falda subalveare e, sulla parte restante, dallo spartiacque sotterraneo creato dalla depressione di pompaggio dei pozzi.

In tale contesto è stato proposto che l'area compresa tra i pozzi e lo spartiacque suddetto corrisponda alla zona di rispetto ristretta e che la zona di rispetto allargata si estenda fino all'asse di drenaggio della falda, posto con andamento assiale Est-Ovest nella pianura in esame ed individuato in tutte le carte piezometriche, a cominciare dal primo rilievo di dettaglio dell'Agosto 1981, fino a quella in esame, relativa all'Ottobre 2005. Successivi controlli piezometrici periodici sui pozzi censiti verificheranno l'andamento e l'eventuale evoluzione dei due perimetri.

Per i motivi già esposti per gli altri campi pozzi lungo il Serchio anche in questo caso la definizione e la gestione delle aree di rispetto (protezione statica) dovrà essere accompagnata da un sistema di monitoraggio in continuo della qualità delle acque fluviali del Serchio in un punto di controllo posto a monte dell'area di emungimento (protezione dinamica).

4.4.5. – Area del campo pozzi di Nozzano-Filettole

4.4.5.1. – Inquadramento idrogeologico locale

L'area in studio comprende la fascia di terreni, posti in prevalenza in destra del F. Serchio, che va da Nozzano a Filettole.

In questa zona insistono l'acquedotto di Nozzano, che serve la porzione occidentale del territorio comunale di Lucca, e l'acquedotto di Filettole, che alimenta gli acquedotti della città di Pisa e di Livorno.

Il campo pozzi di Nozzano è posto in prossimità dello sbocco della vallecchia di Balbano nella pianura lucchese percorsa dal Serchio. I 4 pozzi interessano terreni costituiti da sedimenti alluvionali recenti, depositi dal fiume e dai suoi affluenti laterali. I terreni in questione sono generalmente rappresentati, nella porzione più superficiale, da livelli piuttosto fini, generalmente sabbioso - limosi ("*bellettone*") che, più in profondità passano ad orizzonti più grossolani, rappresentati da sabbie spesso a grana media o grossa e da ghiaie che costituiscono l'acquifero captato.

La stratigrafia rilevata durante l'esecuzione dell'ultimo pozzo realizzato nel 1993 (il n. 1, sostitutivo di uno preesistente, franato) ha mostrato che i terreni di copertura hanno, in loco, uno spessore di circa 17.50 metri. A letto dell'orizzonte acquifero, compreso nel suo complesso tra i 17.50 ed i 33.0 m dal p.c., si incontrano depositi conglomeratici, argilloso-sabbiosi ed argillosi di origine fluvio - lacustre, complessivamente impermeabili o scarsamente permeabili.

In tale condizioni la falda presenta caratteristiche di confinamento, con parziale risalienza. La Trasmissività è alta, dell'ordine di $4,5 \times 10^{-2} \text{ m}^2/\text{sec}$

Più a valle, la stretta di Filettole-Ripafratta rappresenta, dal punto di vista geomorfologico, una soglia di tracimazione incisa nelle arenarie oligoceniche ("macigno") e successivamente colmata con un materasso alluvionale, ad opera del F. Serchio; il fiume, dopo aver riempito con le sue alluvioni la pianura di Lucca (I e II ciclo lacustre del Villafranchiano - Quaternario medio) ed essere stato per lungo tempo tributario di destra dell'Arno, abbandonò in fasi successive il vecchio alveo aprendosi uno sbocco autonomo verso il mare attraverso la soglia di Ripafratta.

La successione dei depositi alluvionali nella stretta è facilmente ricostruibile poiché questo tratto della valle del Serchio è stato oggetto, a partire dal 1910, di indagini geognostiche e idrogeologiche effettuate per mezzo di numerosi sondaggi e pozzi. Il materasso alluvionale che ricopre il substrato roccioso ha uno spessore di 40-50 metri ed è costituito, in generale, da materiali a grana crescente dall'alto verso il basso con una successione di argille, limi, sabbie e ghiaie; tali depositi, per le tipiche modalità del processo di sedimentazione fluviale, presentano frequenti variazioni nella grana sia in senso verticale che orizzontale; in particolare, presso i fianchi della valle, le alluvioni dell'asta fluviale divengono più fini e ad esse si intercalano localmente i depositi di deiezione di alcuni affluenti laterali.

Il campo pozzi di Filettole risulta composto da un numero complessivo pari a 27 punti di prelievo dei quali 10 sono a servizio della rete acquedottistica di Livorno e localizzati nel settore più a nord, e n. 17 a servizio dell'acquedotto di Pisa collocati nel settore centrale ed in quello meridionale dell'area. La portata media complessiva dei 27 pozzi è di 550 l/sec.

Per l'area dei pozzi è possibile definire, in base ai dati acquisiti, la presenza di una copertura costituita da depositi fini limoso-argillosi e limoso-sabbiosi, con spessore variabile tra circa 9 m e 14 m, con il maggiore spessore in prossimità dell'area di Filettole. Al di sotto di questa copertura è presente il livello acquifero di natura sabbioso-ghiaiosa con spessore variabile di circa 25-30 m nel settore sud (area Filettole) e con Trasmissività media di $\times 10^{-2}$ m²/sec. L'acquifero è confinato verso il basso dai depositi fluvio-lacustri sovraconsolidati e impermeabili di natura argilloso-ghiaiosa.

La falda, che ha caratteristiche di parziale artesianità, trae alimentazione in prevalenza dal F. Serchio a monte della zona in esame, attraverso una fascia di ricarica posta in corrispondenza delle zone della pianura di Lucca in cui l'attuale corso del fiume è in diretta connessione con le sue alluvioni. Di tali punti di alimentazione il più vicino alla soglia di Filettole è quello posto all'altezza della linea Nozzano-Montuolo, a 2 Km circa a monte della soglia stessa dove in pratica avviene la confluenza delle varie componenti della ricarica della falda profonda; in tale zona vengono inoltre a confluire anche le acque sotterranee della vallecchia di Balbano.

Dagli studi eseguiti sui *rapporti tra le acque del fiume e quelle del subalveo* (Canalis et alii, 1910 - Cuppari, 1911- Gioli, 1911 - Furbetta-Lapucci, 1968 ecc.) si può escludere invece che sussista una diretta connessione tra le due acque in loco, essendo il letto del fiume separato dalle alluvioni grossolane da un orizzonte, anche se di spessore variabile, di terreni fini impermeabili.

Le acque freatiche, alimentate da una locale circolazione superficiale in diretta connessione con le precipitazioni, presentano un equilibrio con la falda artesianica già notato dallo stesso Cuppari e confermato da studi successivi; infatti tali acque, provenienti da affluenti dei due fianchi vallivi, vengono ad infiltrarsi nei depositi di deiezione di media permeabilità che sono eteropici verso valle con le sabbie entro cui è contenuta la falda artesianica. In tal modo le acque freatiche risultano tamponate da quelle artesiane ed ogni variazione di livello di queste ultime condiziona l'equilibrio delle prime.

4.4.5.2. – Carta piezometrica dell'Ottobre 2005

Anche in questa campagna piezometrica la carta comprende tutta la zona che si estende da Nozzano a Filettole ed è parte della fascia più occidentale della pianura lucchese. In tale contesto, l'assetto morfologico della falda sotterranea come si può osservare dalla carta piezometrica generale della pianura (Tav. 1b) e gli studi idrogeologici condotti sulla Piana di Lucca consentono di distinguere tre diversi settori lungo l'asse del F. Serchio a valle di S. Alessio, con differenti caratteristiche di rapporti con il fiume. In particolare si osserva un *prima zona*, compresa tra S. Alessio a nord e S. Maria a Colle a sud (confluenza del T. Contesora in Serchio) in cui l'alimentazione della falda deriva essenzialmente dal subalveo del F. Serchio. In tale settore si nota una perfetta correlazione tra i livelli del Serchio e i livelli di falda, con ricarica diretta e rapida ripercussione piezometrica delle ondate di piena, mentre l'escursione annua dei livelli si aggira intorno ai metri 1.5 - 2.0. Procedendo verso sud-sudovest si passa ad una *seconda zona*, localizzata tra le confluenze dei torrenti Contesora e Dogaia di Nozzano (vallecola di Balbano), ove è collocato il campo pozzi di Nozzano, in cui si hanno caratteristiche intermedie, ancora con rapporti diretti tra fiume e falda. La *terza zona*, posta a valle di Nozzano, in cui ricade anche il campo pozzi di Filettole, è contraddistinta da condizioni di artesianità della falda per l'aumento dello spessore dell'orizzonte di copertura, ed in essa non sono più presenti rapporti diretti tra la falda ed il fiume. Procedendo ancora più verso sud, in direzione di Vecchiano, alla falda profonda artesianiana si sovrappone una falda superficiale di tipo freatico, sviluppata nei primi 10-15 metri dal p.c. e caratterizzata da rapporti diretti con il fiume.

Deve essere inoltre evidenziata la presenza di una importante componente di alimentazione secondaria proveniente dalla vallecola di Balbano-Nozzano e con circolazione all'interno dei litotipi calcarei che caratterizzano tale dorsale collinare, che rappresenta una terminazione dei rilievi apuani.

L'andamento di dettaglio dei livelli piezometrici del maggio e dell'ottobre 2005 conferma questo schema generale ed evidenzia, fino a Nozzano, uno scambio idrico tra fiume e falda con gradienti blandi, con valori dell'ordine di $1-1,5 \times 10^{-3}$, mentre a valle di Nozzano le isopieze individuano un asse di drenaggio ben definito sulla sponda destra del Serchio, corrispondente all'allineamento dei 2 campi pozzi, con incremento del gradiente che passa a valori intorno a 3×10^{-3} . L'abbassamento determinato dal campo pozzi di Filettole si unisce all'effetto del pompaggio dai pozzi di Nozzano, producendo un'evidente alterazione morfologica della tavola d'acqua a partire dall'area posta a circa 500 metri a monte del ponte della ferrovia Lucca-Viareggio. A partire da tale località la carta mostra una netta rottura di pendenza nel profilo della falda. Le differenze piezometriche tra maggio ed ottobre 2005 si attestano su valori inferiori a 0,50 m.

Per questi due campi pozzi, in base alle caratteristiche stratigrafiche e idrogeologiche locali, la definizione e la gestione delle aree di rispetto (protezione statica) deve essere accompagnata, oltre che dal monitoraggio delle acque fluviali, dalla creazione di una rete di piezometri "di sorveglianza" a monte delle due aree, su cui eseguire un controllo periodico (meglio sarebbe se in continuo) della qualità dell'acqua di falda captata (protezione dinamica).

5. - VALUTAZIONI RELATIVE ALLA CARTA DELLA CONDUCIBILITA' ELETTRICA

5.1. - Caratteristiche delle acque nella valle del Serchio e nella pianura di Lucca

Il valore della conducibilità elettrica di un'acqua esprime, sia pur con una certa approssimazione, il suo contenuto in sali solubili. La conducibilità elettrica delle acque di falda e sorgive normali, ad uso potabile, è mediamente compresa tra 200 ed 800 \square S/cm.

La conducibilità elettrica rappresenta di fatto un sostanziale carattere distintivo del tipo di circuito idrico e della provenienza delle acque.

Dei 238 punti di misura utilizzati per le misure di falda ne sono stati utilizzati 159 per effettuare anche le misure conducimetriche. A questi sono stati aggiunti ulteriori 21 punti facenti parte della rete di controllo dell'ARPAT di Lucca sullo stato della qualità delle acque superficiali e sotterranee.

L'ubicazione dei punti di controllo e la rappresentazione cartografica delle linee isoconducimetriche, ottenute per interpolazione dei valori misurati, sono rappresentati nelle tavole 3a e 3b.

In linea generale si può osservare che le acque di falda presentano bassi valori di mineralizzazione in termini di conducibilità elettrica (e quindi anche di residuo fisso) nelle zone prossime alle fonti di ricarica: il subalveo del Serchio, i conoidi dei rilievi laterali, le aree della pianura interessate dall'infiltrazione delle acque irrigue. La mineralizzazione tende ad aumentare a mano a mano che le acque sotterranee si muovono, con moto lento, nell'acquifero lungo le direzioni di flusso preferenziali. In tale contesto si notano alcuni fenomeni particolari, quali un locale abbassamento della stessa mineralizzazione nelle aree soggette all'infiltrazione diretta delle acque meteoriche (parte alta della pianura) ed a fenomeni di miscelazione tra acque proprie dell'acquifero alluvionale ed acque provenienti dai rilievi laterali. Ad esempio si hanno ingressioni più o meno marcate di acque più ricche di sali (soprattutto bicarbonato-calciche) nelle zone in cui prevalgono apporti da terreni marnoso-carbonatici (es. sponda destra del Serchio di fronte a Ghivizzano, area posta alla confluenza Lima-Serchio a Fornoli, Valle del T. Freddana,) mentre sono evidenti i contributi di acque a bassa conducibilità, con effetti di diluizione sulla falda principale, lungo il bordo centro orientale del sistema di rocce silicee dei Monti Pisani (conoidi dei Rii Guappero e di Vorno e della zona di Compito), nella zona di S. Maria a Colle ove sono presenti affioramenti di rocce arenacee e nell'area delle alture di Porcari-Montecarlo, in cui prevalgono acquiferi costituiti da elementi silicei di "Verrucano s.l.". Tale schema generale è comunque soggetto a locali variazioni connesse con fattori stagionali, in rapporto agli afflussi ed alle quantità di acqua in gioco nelle varie componenti della ricarica sotterranea, ed anche in funzione di fattori indotti dall'uomo (irrigazioni e pompaggi). Comunque la carta della conducibilità ci rivela che in generale lungo l'asta del F. Serchio presa in esame e nella piana di Lucca sono presenti acque di medio-bassa mineralizzazione. Un caso a parte, che sarà analizzato nel paragrafo successivo, è costituito dalle acque mineralizzate che si rinvencono nella zona compresa tra le località Valdottavo e Piaggione.

Più interessante sarebbe un esame di alcuni parametri specifici, che in certi casi sono indizio di contaminazione, quali i nitrati, il ferro ed il manganese, i solventi, gli idrocarburi, i pesticidi e i diserbanti, sulla base di dati analitici esistenti o da determinare ex novo. In generale si può dire,

sulla base dei dati disponibili, che per quanto riguarda il ferro risulta che le acque provenienti dal subalveo del Serchio sono caratterizzate da bassi contenuti. Sensibili quantità di ferro (talvolta anche superiori ad 1 g/l) si ritrovano nelle acque provenienti dai terreni silicei dei Monti Pisani o dai depositi del ciclo lacustre caratterizzati da clasti provenienti dai Monti Pisani (zona di Montecarlo-Altopascio). Il ferro è talvolta accompagnato dal manganese. Un'altra caratteristica che si riscontra nelle acque sotterranee provenienti dal "Verrucano" siliceo dei Monti Pisani é, oltre alla bassa mineralizzazione, un'elevata acidità (pH tra 5 e 6) ed un eccesso conseguente di anidride carbonica libera, tale da conferire all'acqua un certo grado di aggressività.

Nei molti pozzi destinati all'alimentazione degli acquedotti pubblici le ripetute analisi chimico-batterologiche hanno sempre confermato, salvo fatti episodici assai rari, la costante assenza di ammoniaca, nitriti e batteri di origine fecale. Questo fatto sembra più da attribuire al potere autodepurante dell'acquifero alluvionale che non alla mancanza di sorgenti di inquinamento organico; basti pensare che tuttora molte abitazioni della pianura non sono allacciate alla fognatura e lo smaltimento dei liquami domestici avviene con le tradizionali vasche settiche, anche se sono stati realizzati, in gran parte, i lavori per la costruzione dei collettori fognari.

Il potere autodepurante dell'acquifero alluvionale, anche se in presenza di una coltre di copertura limo-sabbiosa di spessore limitato, è noto da tempo ed ha determinato fin dai primi decenni di questo secolo la scelta di alcune aree in prossimità del Serchio per la localizzazione di pozzi ad suo acquedottistico. Così in riva sinistra è attivo dal 1914 il campo pozzi di Salicchi (acquedotto centrale di Lucca) ed in riva destra i campi pozzi di S.Alessio, S.Maria a Colle, Nozzano (acquedotti comunali di Lucca e di Pisa-Livorno) e di Filettole (acquedotti comunali di Pisa-Livorno). L'acqua emunta da tali pozzi, controllata con frequenti analisi chimico-batterologiche, non ha mai messo in evidenza contaminazioni di carattere biologico o chimico, nonostante che il Serchio (dal cui letto alcuni dei pozzi suddetti distano anche meno di cento metri) negli anni compresi tra il 1970 ed il 1980 abbia fatto registrare punte di inquinamento organico e industriale anche notevoli. Significativo risulta il confronto tra i dati analitici relativi all'acqua del primo pozzo trivellato nell'area di Salicchi nel lontano 1914 e i dati attuali, da cui risulta che, a parte una certa variazione nella durezza, gli altri parametri confrontabili (residuo fisso, cloruri, ammoniaca, nitriti, nitrati) sono rimasti pressoché costanti nel tempo. Molto più marcate sono state le variazioni nella qualità dell'acqua del F.Serchio, come si può constatare confrontando i dati del 1966-67 (Furbetta-Lapucci) con quelli del 1971 e 1973 (Mappa Inquinamenti Idrici della Regione Toscana) e con quelli del periodo 1980-2000. Le variazioni sono in senso migliorativo nell'ultimo ventennio, con netto abbassamento del contenuto in inquinanti organici e metalli pesanti, aumento dell'ossigeno disciolto e della percentuale di saturazione, netto regresso del numero delle colonie batteriche di origine fecale.

Invece, se ci allontaniamo dal fiume e ci inoltriamo nella pianura, la falda si presenta assai più vulnerabile a causa della sua scarsa protezione e per la presenza di molti centri di pericolo dispersi sul territorio. Così negli ultimi 20 anni sono emersi alcuni casi di inquinamento per motivi diversi, che si possono così riassumere:

- presenza di atrazina ed altri pesticidi e fitofarmaci, in quantità variabili fino anche al di sopra dei limiti di legge, in alcuni pozzi dell'area centrale della pianura (zona compresa tra Lunata-Zone a Nord e Capannori-Tassignano a Sud), rilevata a partire dal 1986; tale sostanza, da mettere in relazione alla coltivazione intensiva del mais, fu rinvenuta soprattutto nei pozzi più superficiali, fino a 7-8 metri di profondità; nei pozzi tra 8 e 18 metri ne sono state rinvenute solo quantità ridotte o tracce, mentre nei pozzi oltre i 20 metri l'atrazina risultava assente o in tracce

minime; successivamente il fenomeno si è esaurito per naturale degradazione, ed anche per il successo divieto (1989) dell'uso di tale sostanza;

- inquinamento da liquami fognari nella zona di S. Filippo, 1 Km ad Est del centro storico di Lucca, dove un pozzo dell'acquedotto comunale fu interessato nel 1987 da inquinamento batteriologico dovuto alla tracimazione di una fognatura localizzata in prossimità dello stesso; l'inquinamento rimase comunque localizzato, esaurendosi in un intorno di 50-100 m dal pozzo, grazie all'elevato grado di autodepurazione della falda;

- inquinamento per la presenza di rifiuti tossico-nocivi interrati in loc. Salanetti (Capannori), dove nel 1989 fu rinvenuta una discarica abusiva con inquinamento locale della falda; l'area è stata in seguito bonificata mediante operazioni di diaframmaggio della porzione di acquifero interessata, fino a raggiungere il substrato argilloso.

- dispersione in falda di liquidi reflui da sviluppo fotografico nella zona di S. Pietro a Vico, 3 Km a NE di Lucca (1993); le sostanze immesse sono state degradate e metabolizzate in tempi relativamente brevi (da uno a due anni), sia per diluizione in falda che per interazioni con i terreni.

- dispersione in falda di percloroetile (trielina) nella zona di Arancio/S.Filippo, 1 Km ad Est di Lucca, dove a partire dal 1993 il fenomeno si è manifestato con la formazione di due pennacchi d'acqua contaminata distribuiti lungo la direttrice principale di flusso. Successivi interventi di bonifica, costituiti in un particolare trattamento in sito dei terreni inquinati e nella decontaminazione delle acque emunte da alcuni pozzi di spurgo, hanno in pratica eliminato l'inquinamento nei due focolai, con progressiva riduzione dello stesso nella falda posta a valle; lo stesso fenomeno si è ripetuto, qualche anno più tardi (1997) nella zona di S. Donato e nel 2000 nell'area di Lunata, località dove l'inquinamento della falda è ancora attivo, nonostante alcuni interventi di bonifica.

In termini territoriali si può schematicamente osservare che nella porzione medio-alta della piana la risorsa non risulta essere compromessa sotto l'aspetto quantitativo, ma appare molto vulnerabile in ordine alla qualità; invece nella parte più bassa, ove la falda risulta più protetta dai terreni impermeabili di copertura, si hanno forti limitazioni alle possibilità di sfruttamento ed i fenomeni in atto, indotti dagli abbassamenti piezometrici per eccessivi prelievi, impongono la messa in opera di interventi di risanamento e salvaguardia, mirati alla tutela quantitativa della risorsa stessa ed alla mitigazione degli effetti negativi ben noti. La scelta degli interventi e la loro attuazione temporale dovrà necessariamente tener conto dell'importanza sociale ed economica che l'attuale sfruttamento della risorsa idrica lucchese riveste, finalizzato a soddisfare il fabbisogno idropotabile di svariati Comuni delle Province di Lucca, Pisa, Livorno e Pistoia, nonché quello industriale di numerose e consolidate aziende.

5.2. - Manifestazioni idrotermali nella zona del Piaggione

Nell'area compresa tra le località Piaggione e Valdottavo le acque dei pozzi presentano caratteristiche chimiche assai diverse rispetto a quelle presenti nelle zone circostanti. In

particolare le acque presentano, oltre ad una più elevata generale mineralizzazione (conducibilità elettrica oltre 1.000 μ S/cm e residuo fisso tra 700 ad 800 mg/l), una maggiore concentrazione di solfati (superiori a 400 mg/l), di magnesio (oltre 50 mg/l) e di fluoruri (oltre 1 mg/l). Anche la temperatura dell'acqua, che raggiunge i 17,5 C°, risulta abbastanza più alta rispetto a quella osservabile nei pozzi del fondo valle del Serchio, che non supera i 14 C°.

Il fenomeno è da mettere in connessione con la presenza di una faglia sepolta sotto le alluvioni, che con andamento appenninico emerge a SE in corrispondenza dello sperone di maiolica che sovrasta la galleria della ferrovia Lucca-Aulla ed a NO si incunea nella valle della Celetra. La faglia costituisce una preferenziale via di risalienza per acque di circolazione profonda, arricchite di solfati dal contatto con le rocce più antiche della Serie Toscana (calcari cavernosi, caratterizzati dalla presenza abbondante di anidrite). La composizione chimica percentuale degli anioni è per queste acque assai simile a quella delle acque termominerali di Bagni di Lucca, ove si verifica un fenomeno analogo, anche se su scala diversa e con una mineralizzazione ed un aumento di temperatura più elevati.

Lo schema di circolazione che si può ipotizzare è che la ricarica delle acque avvenga negli affioramenti carbonatici della Maiolica presenti a NW dell'area (tra il torrente Socciglia e Monte Gallione) con un successivo approfondimento del circuito fino ai termini più bassi della Serie Toscana a causa dello sbarramento operato dallo sprofondamento per cause tettoniche delle formazioni meno permeabili eoceniche-oligoceniche, anche se non si può escludere il contributo di acque provenienti dagli affioramenti di rocce carbonatiche mesozoiche posti più a Nord, in particolare nella Valle del T. Lima. La successiva risalita attraverso la faglia del Piaggione è imputabile al cadente piezometrico elevato (le aree comprese tra La Socciglia ed il M. Gallione si trovano a quote comprese tra 330 e gli 800 metri, mentre le emergenze si verificano intorno alla quota di 50-60 metri s.l.m.). Il modesto incremento di temperatura lascerebbe supporre che le acque abbiano tempi di risalita abbastanza lunghi, tanto da riequilibrarsi con le temperature degli strati più superficiali, o che si verificano anche fenomeni di miscelazione con acque fredde di circolazione meno profonda.