

Studio idrogeologico di alcune porzioni della Pianura bolognese

Analisi dei monitoraggi in continuo del livello di falda in alcuni piezometri

Bologna, dicembre 2011

*Paolo Severi, Luciana Bonzi e Venusia Ferrari
Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli
Regione Emilia-Romagna
Responsabile del Servizio Dott. Raffaele Pignone*

Studio idrogeologico di tre porzioni della Pianura bolognese: analisi dei monitoraggi in continuo del livello di falda in alcuni piezometri

Nel presente studio viene analizzato l'andamento dei livelli piezometrici misurati in continuo in tre diverse zone della pianura bolognese, due delle quali ricadono nell'area urbana della città di Bologna. La Figura 1 mostra l'ubicazione delle tre aree prese in considerazione: la prima è nella parte amalgamata della conoide del fiume Reno (un piezometro in via Chiarini, Comune di Bologna); la seconda nella parte amalgamata della conoide del torrente Savena (un piezometro in via Fiacchi, Comune di Bologna); la terza nella porzione multi-falda del sistema delle conoidi Reno - Savena (due piezometri in via Ronco, Comune di Castel Maggiore). In ciascuno dei piezometri è stata installata una sonda per il monitoraggio in continuo, con cadenza oraria, del livello piezometrico e di seguito vengono quindi illustrati ed analizzati gli andamenti dei livelli di falda così misurati.

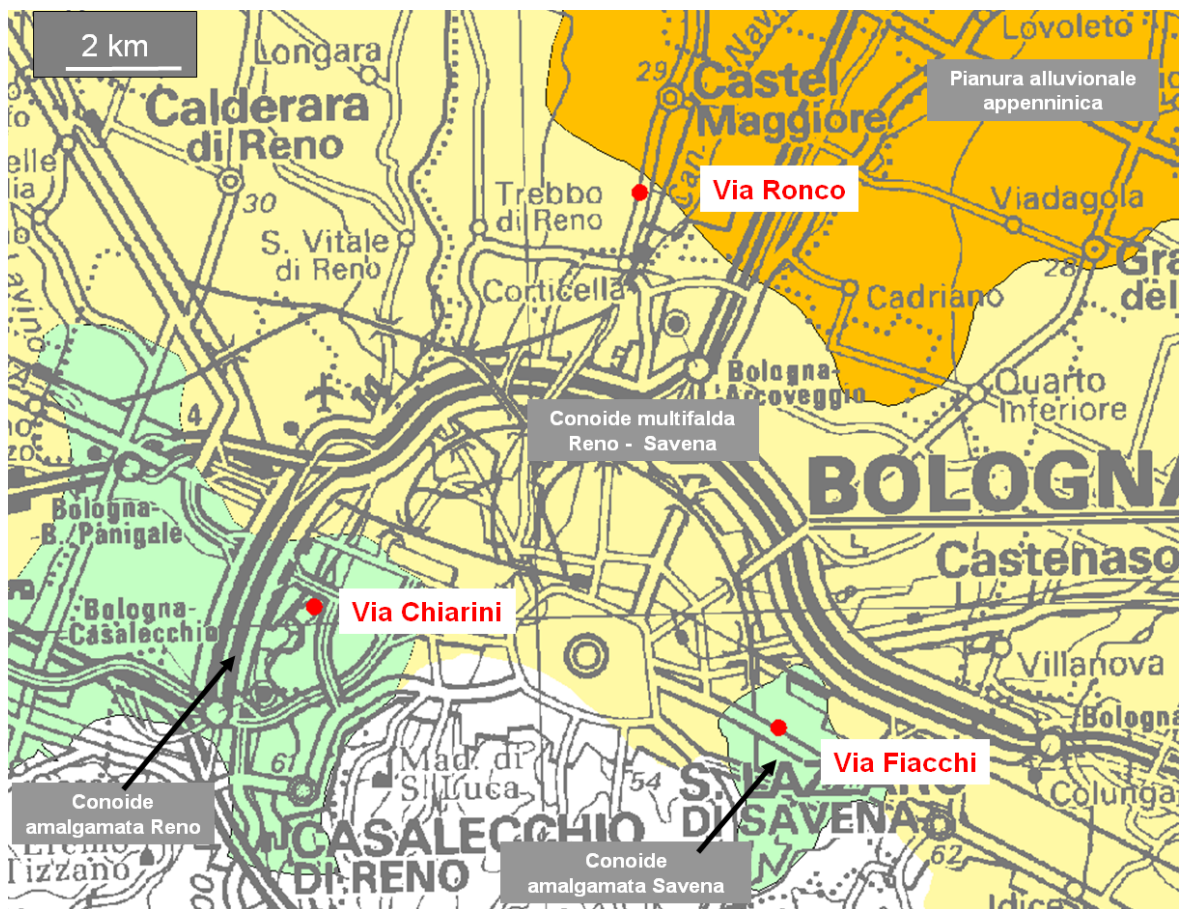


Figura 1 - Ubicazione delle aree studiate

Piezometro di Via Chiarini (Bologna)

Il piezometro di via Chiarini, ubicato nel Parco del fiume Reno nel Comune di Bologna, è stato perforato nel 2007 dal Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli della RER per valutare i rapporti fiume-falda ed è infatti molto vicino al fiume (115 m). La misura oraria del livello piezometrico in questo punto è disponibile dunque dal novembre del 2007, pur con una breve interruzione durante l'inverno scorso.

Il log stratigrafico del piezometro, le sue caratteristiche costruttive ed il contesto geologico in cui ricade sono indicati in Figura 2.

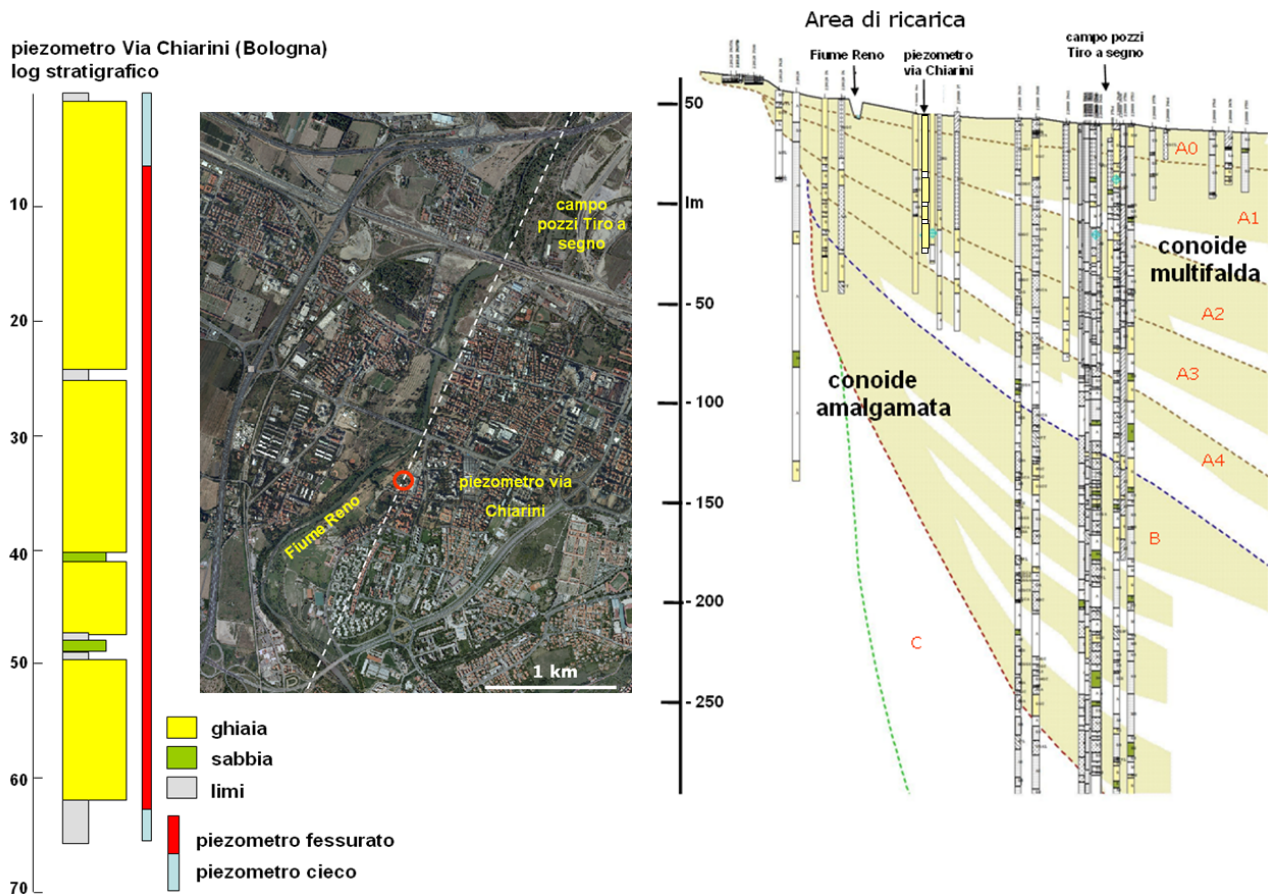


Figura 2- Log stratigrafico, ubicazione e contesto geologico del piezometro "Via Chiarini"

Nelle colonne stratigrafiche della sezione geologica di Figura 2, le ghiaie sono indicate in giallo, le sabbie in verde, i limi e le argille in bianco. Le campiture colorate in beige indicano depositi prevalentemente ghiaiosi appartenenti alla conoide del Reno; in figura sono inoltre indicate le distinzioni tra le diverse unità stratigrafiche (A, B, C) secondo "Riserve Idriche Sotterranee della Regione Emilia-Romagna" (Regione Emilia-Romagna & ENI-AGIP, 1998)

Come si vede nella Figura 2 il piezometro è posizionato nella parte apicale ed amalgamata della conoide del Reno, nell'area di ricarica, circa due chilometri a monte del campo pozzo di HERA "Tiro a Segno". Esso filtra gli acquiferi A0, A1, A2 ed A3 che in questa parte di conoide sono amalgamati tra loro formando un unico acquifero freatico, quasi interamente costituito da ghiaie.

Il grafico di Figura 3 riporta l'andamento del livello piezometrico misurato da novembre 2007 a novembre 2011.

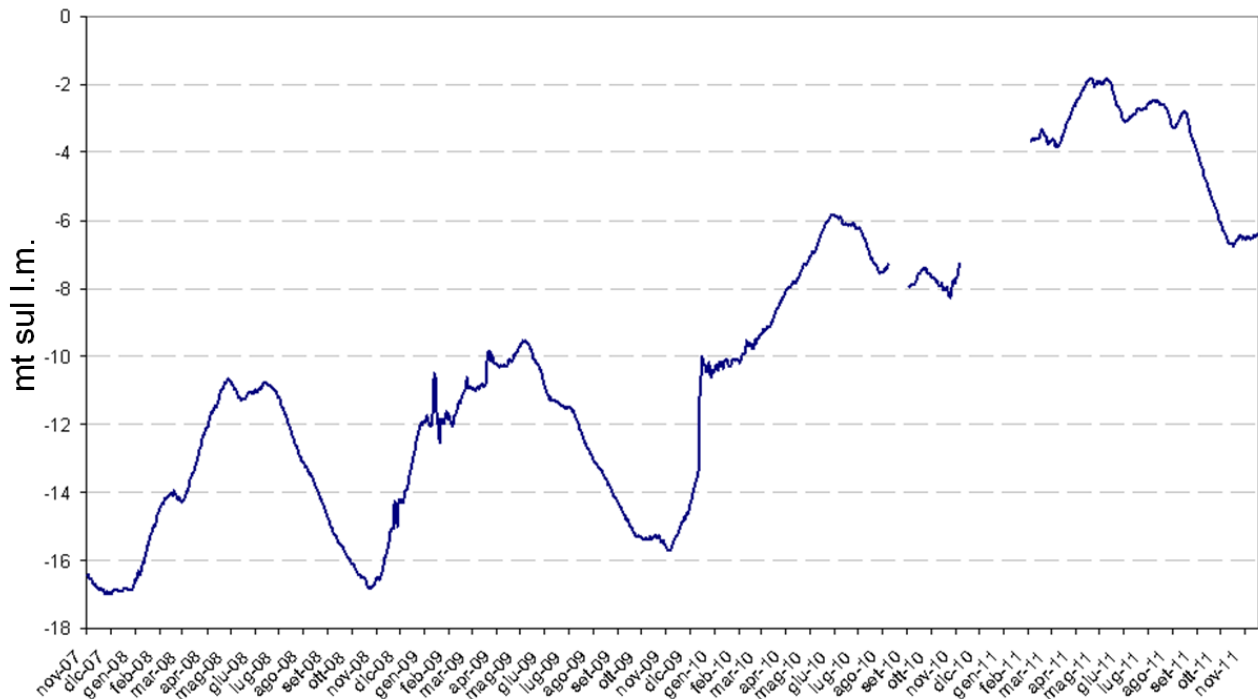


Figura 3 - Andamento del livello piezometrico nel piezometro "Via Chiarini"

Il grafico mostra un andamento sinusoidale del livello di falda, se pur un po' articolato, connesso alle sue oscillazioni stagionali, all'andamento delle precipitazioni ed al regime dei prelievi dai vicini pozzi acquedottistici. Come si vede i minimi si registrano nel tardo autunno (dicembre 2007, novembre per gli anni successivi), mentre i massimi si rilevano in primavera (giugno 2011, maggio per gli altri anni). Nel periodo esaminato il minimo assoluto è stato nel dicembre 2007 (-17.0 m s.l.m.) ed il massimo assoluto nel maggio 2011 (-1.84 m s.l.m.). L'oscillazione massima è stata dunque di 15.16 m. Considerando che la quota del piano campagna del piezometro di Via Chiarini è 42.4 m s.l.m., la profondità della falda rispetto al terreno (soggiacenza) durante il periodo di monitoraggio è oscillata quindi tra 44.24 e 59.4 m da p.c..

Analizzando i singoli cicli annuali di risalita ed abbassamento della falda, si osserva che: nel periodo dicembre 2007 – novembre 2008 la risalita della falda è stata di 6.2 m e l'abbassamento successivo di 6 m; nel periodo novembre 2008 – novembre 2009, la risalita è stata di 7.1 m e l'abbassamento di 6 m; da novembre 2009 a novembre 2010, la risalita è stata di 9.8 m e l'abbassamento di 2.3 m; da novembre 2010 a novembre 2011, la risalita è stata di 6.3 m e l'abbassamento di 4.6 m.

Osservando invece l'andamento della falda nei periodi di magra si nota che durante il periodo monitorato, il livello piezometrico si è alzato complessivamente di 10.4 metri; il grafico di Figura 3 mostra poi in modo chiaro che questo aumento, osservato nei cinque anni di monitoraggio, è quasi interamente dovuto alla forte risalita ed al modesto abbassamento della falda nel 2010.

Il 2010, come è noto, è stato un anno molto piovoso, a differenza degli altri quattro che invece sono stati decisamente siccitosi. A tal proposito la Figura 4 pone a confronto l'andamento del livello piezometrico (curva blu) con le piogge cumulate mensilmente (istogramma grigio) e annualmente (numeri rossi) nel pluviometro di Casalecchio - Tiro a Volo (dati ARPA).

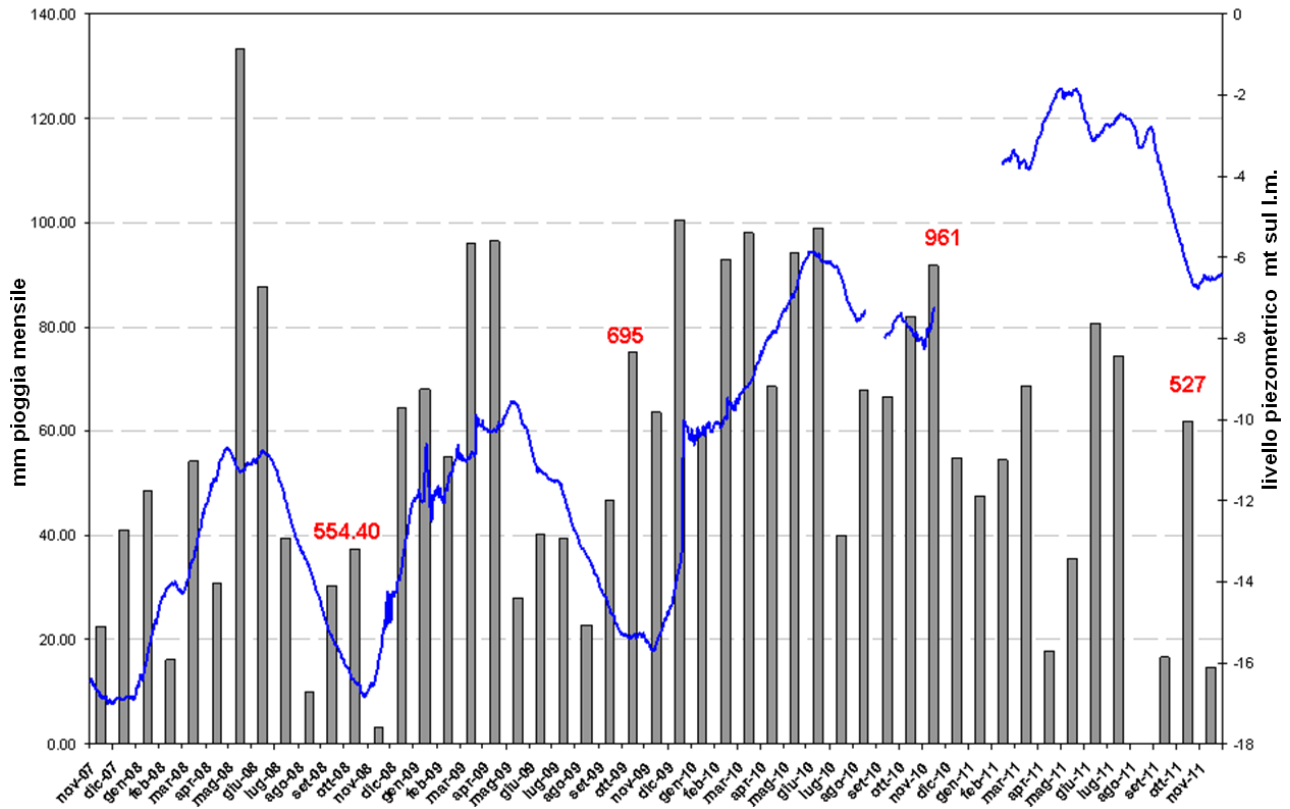


Figura 4 – Confronto fra livello piezometrico (curva blu), piogge cumulate mensili (istogramma grigio) e annuali (numeri rossi).

Per il sollevamento della falda del Reno precedentemente indicato sono quindi stati determinanti, come detto, la lunga durata delle piogge nel 2010 ed il loro alto valore cumulato.

La sezione geologica di Figura 5, trasversale al fiume e derivante dalle stratigrafie disponibili e dai dati di altri due piezometri presenti in zona (indicati in Figura come “piezometro fiume” e “piezometro Comune BO”), permette di evidenziare, come peraltro è noto, il valore molto elevato della profondità a cui si riscontra la falda nonostante, nel caso specifico, la stretta vicinanza al fiume Reno.

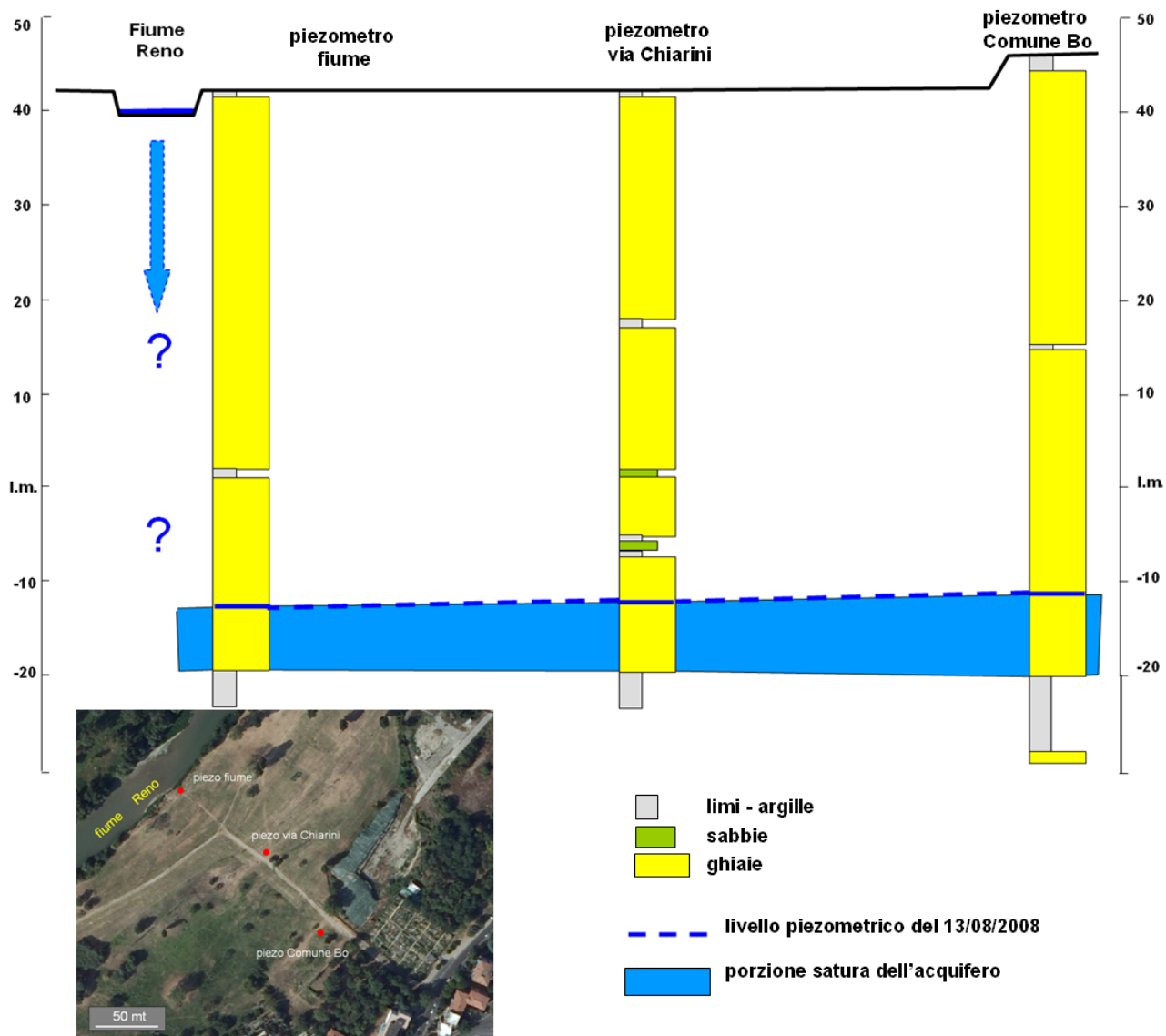


Figura 5 - Sezione geologica trasversale nella zona del piezometro di via Chiarini

La situazione rappresentata nella Figura 5 è riferita ai dati della metà del mese di agosto 2008: la falda è ad una profondità di circa 55 m dal p.c. anche nel piezometro più vicino al fiume, posizionato a soli 5 metri dalla sua sponda e si nota un leggero gradiente della falda in direzione del fiume, che scorre pensile ad di sopra di essa.

La Figura 6 consente un interessante paragone tra il livello della falda nei tre piezometri e l'andamento del livello del Reno nell'idrometro "Tiro a Volo" nel comune di Casalecchio di Reno. Nella figura l'andamento del piezometro di via Chiarini è in verde, quello "Comune Bo" in rosso, e quello "fiume" in arancione ed il Reno in blu. Come si vede il piezometro "Comune Bo", più lontano dal fiume, è solitamente più alto di quello "Via Chiarini" e dunque, come già evidenziato nella sezione di Figura 5, la falda ha un gradiente seppur blando in direzione del Reno che, in conclusione, non alimenta le sue falde.

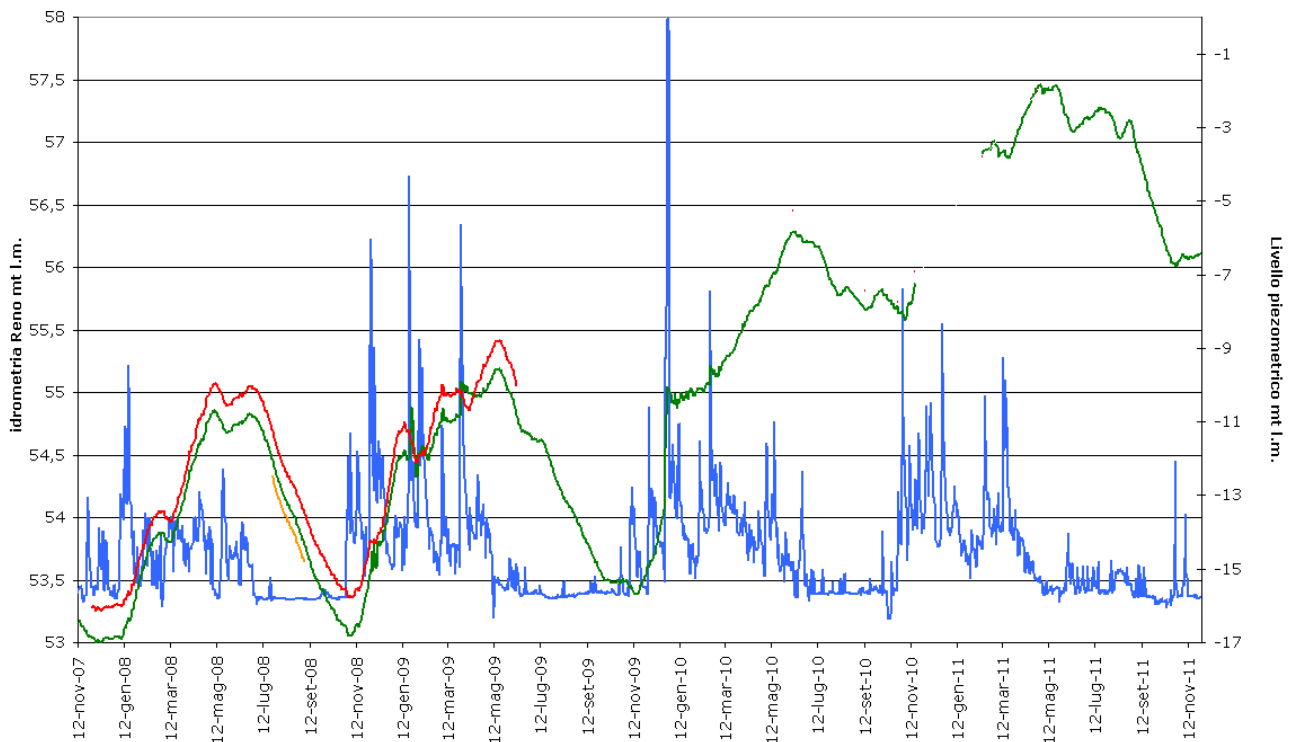


Figura 6 – Confronto tra livelli piezometrici ed idrometria del Reno.

Nella Figura 7 è riportato un dettaglio della Figura 6 riferito ad un periodo di morbida nell'inverno 2008 – 2009, quando era disponibile anche il rilievo in continuo nel piezometro "Comune Bo". In alcuni tratti le due curve si intersecano ed il livello della falda nel piezometro "Via Chiarini" risulta più elevato rispetto a quello del piezometro "Comune Bo", contrariamente a quanto sottolineato in precedenza. Ciò evidenzia un'inversione della direzione di flusso della falda e la possibilità di un lieve transito di acqua dal fiume alle falde.

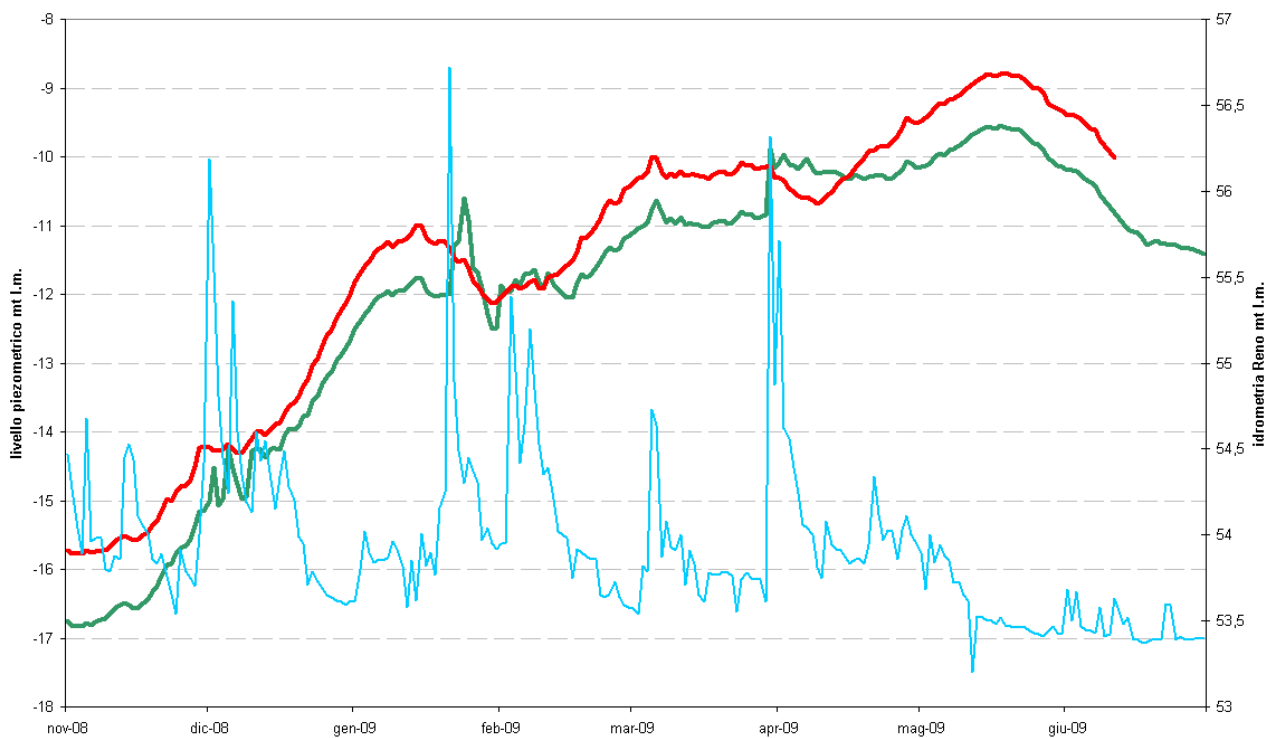


Figura 7 - Dettaglio della Figura 6

Un altro dato interessante è invece quello di dicembre 2009, in corrispondenza di un importante evento di piena a seguito del quale il Reno è uscito dal suo alveo allagando la zona del piezometro “Via Chiarini” con una lama d’acqua di circa un metro per un’intera giornata. Nella Figura 8, dettaglio delle precedenti, si vede che questo episodio di piena ha causato un innalzamento di quasi 3 m del livello piezometrico nel giro di poche ore e che successivamente la falda ha mantenuto una quota più alta anche dopo che il fiume è rientrato nel suo alveo. Durante gli episodi di piena viene dunque documentata una ricarica del fiume alle sue falde e pertanto la situazione indicata nella sezione geologica di figura 5 si modifica come indicato nella sottostante Figura 9.

Questo evento di piena che, allagando le aree circostanti l’alveo, ha avuto un effetto molto positivo e duraturo sulla ricarica della falda della conoide, potrebbe essere preso come esempio di efficacia, nel caso in cui si decidesse di approfondire gli studi sulla ricarica artificiale della conoide attraverso la creazione di bacini disperdenti, ovvero di aree stabilmente allagate che rilasciano acqua verso l’acquifero.

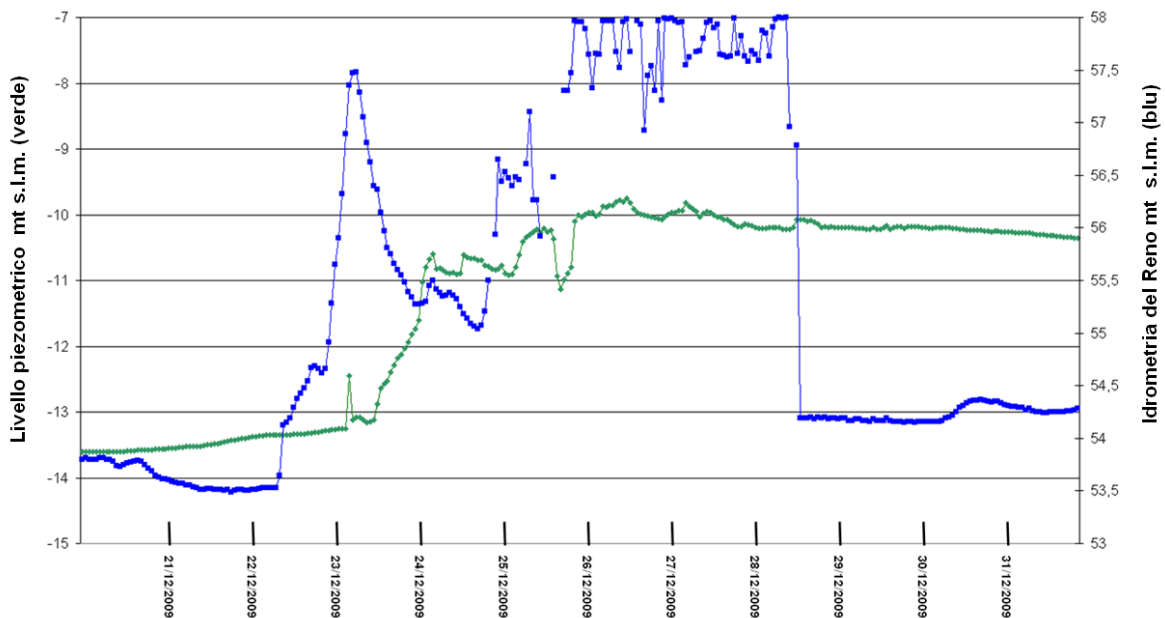


Figura 8 - Dettaglio della Figure 6 e 7 nel momento della piena del Reno

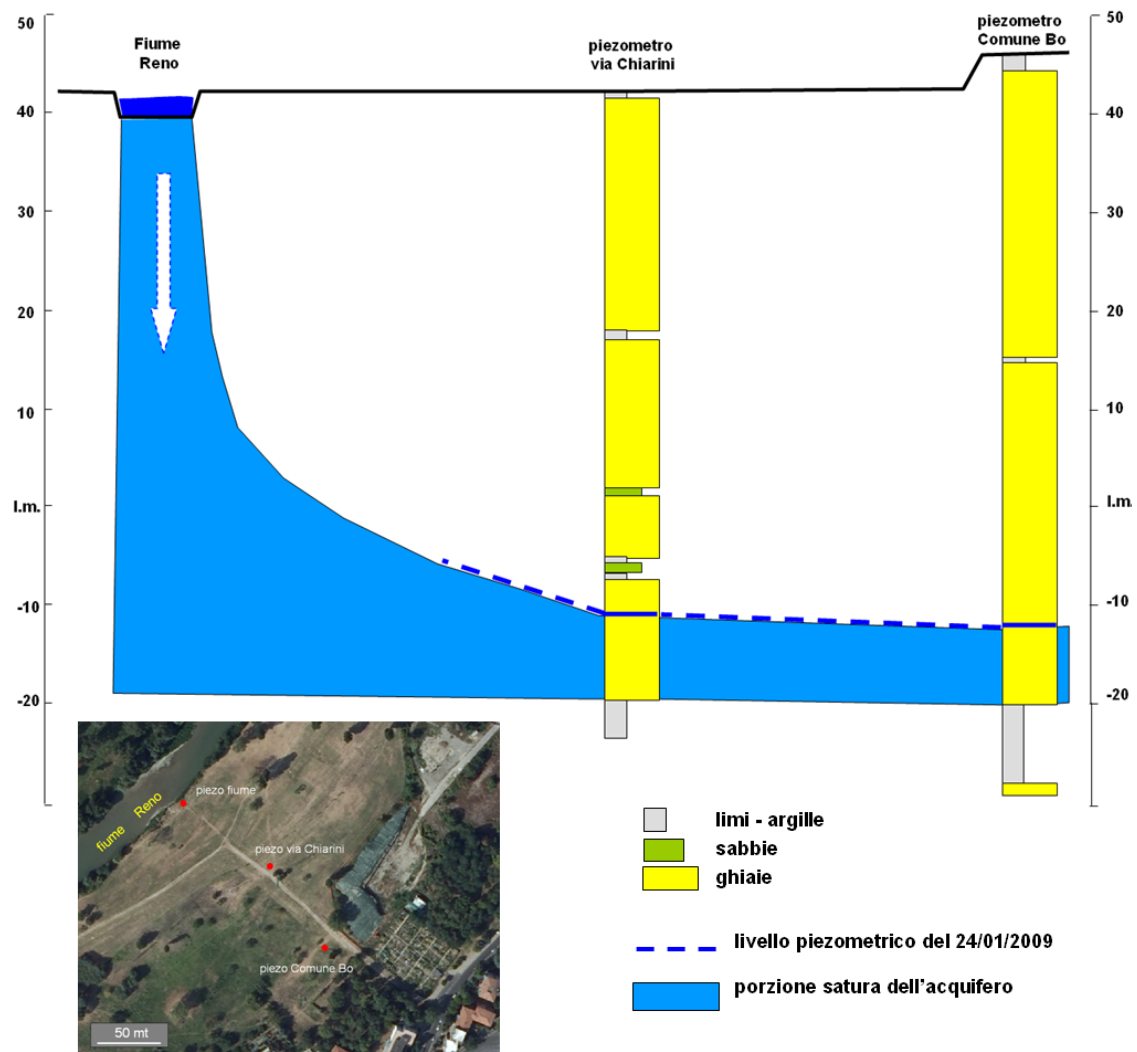


Figura 9 - Sezione geologica trasversale nel periodo di piena fluviale

Infine occorre sottolineare che l'andamento dei livelli nei piezometri descritti è certamente influenzato anche dal regime dei prelievi dei due importanti campi pozzi acquedottistici situati pochi chilometri a valle e dai quali attinge in buona parte l'acquedotto di Bologna.

Piezometro di Via Fiacchi (Bologna)

Il monitoraggio in continuo di questo piezometro è cominciato nel mese di aprile del 2010, se pure con alcune interruzioni, ed è riportato nella Figura 11.

Il piezometro è stato installato dal Comune di Bologna a metà degli anni 90 ed è profondo 45 metri. Non se ne conosce la stratigrafia che è tuttavia deducibile dalla sezione geologica di Figura 8 realizzata nelle vicinanze dell'area in esame.

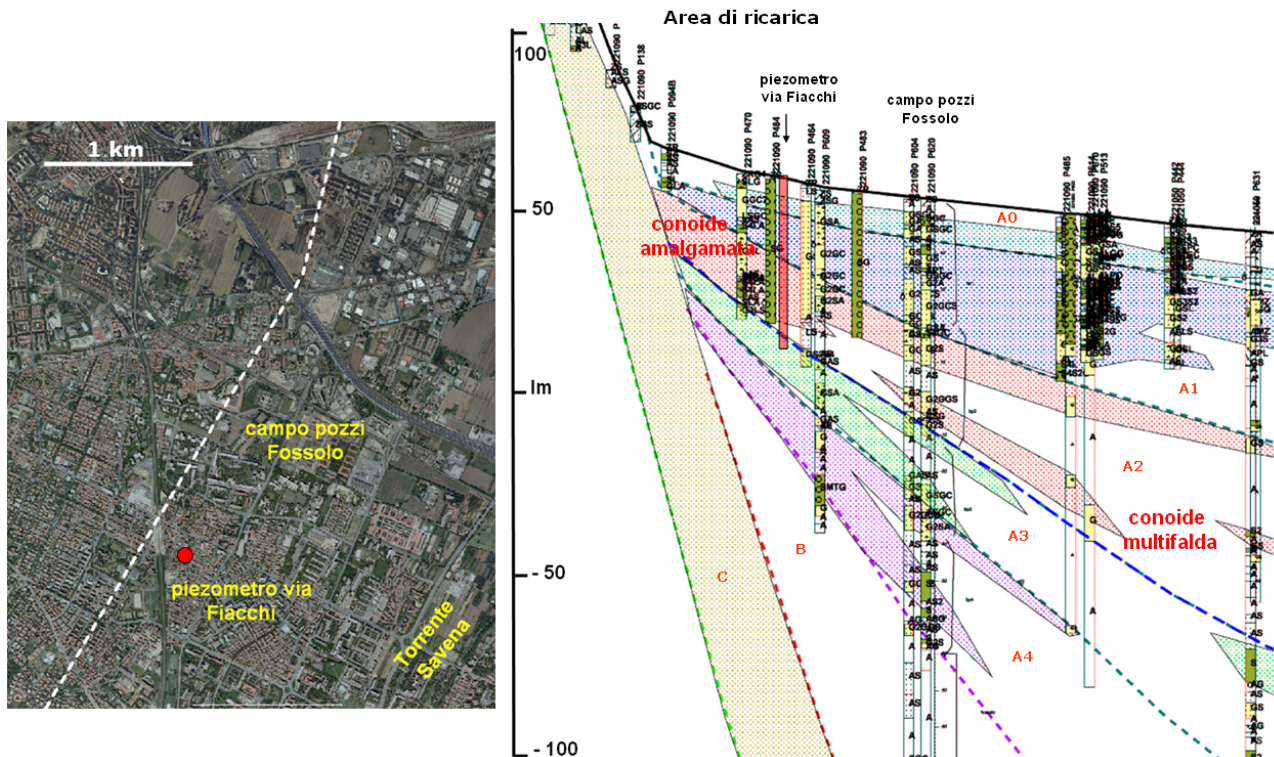


Figura 10 - Ubicazione e contesto geologico del piezometro "Via Fiacchi"

Nella Figura 10 il piezometro è indicato con una colonnina rossa e, come in precedenza, nelle colonnine stratigrafiche della sezione le ghiaie sono indicate in giallo, le sabbie in verde, i limi e le argille in bianco. Le campiture colorate indicano invece i depositi prevalentemente ghiaioso – sabbiosi della conoide del Fiume Savena. Sono inoltre indicate le distinzioni tra le diverse unità stratigrafiche (A,B,C) secondo "Riserve Idriche Sotterranee della Regione Emilia-Romagna" (Regione Emilia-Romagna & ENI-AGIP, 1998).

Il piezometro in questione è ubicato nella parte apicale della conoide del Savena, nella sua area di ricarica, circa un chilometro a monte del campo pozzo di HERA "Fossolo".

Esso intercetta gli acquiferi A0, A1, A2 e la parte sommitale dell'A3 che in questa zona della conoide sono praticamente amalgamati tra loro a formare un unico acquifero freatico, costituito quasi interamente da ghiaie.

Il grafico di Figura 11 riporta, pur con alcune interruzioni, l'andamento del livello piezometrico rilevato in continuo tra aprile 2010 e novembre 2011 che, come si vede, è rimasto praticamente costante. Questo comportamento appare strano e poco comprensibile e potrebbe essere connesso al regime dei prelievi nel vicino campo pozzi acquedottistico. In assenza di informazioni precise, si preferisce commentare solamente la parte del grafico relativa all'anno idrologico novembre 2010 – novembre 2011, periodo durante il quale si osserva un andamento sinusoidale del livello piezometrico, nonostante la mancanza di letture nel periodo giugno 2011- agosto 2011.

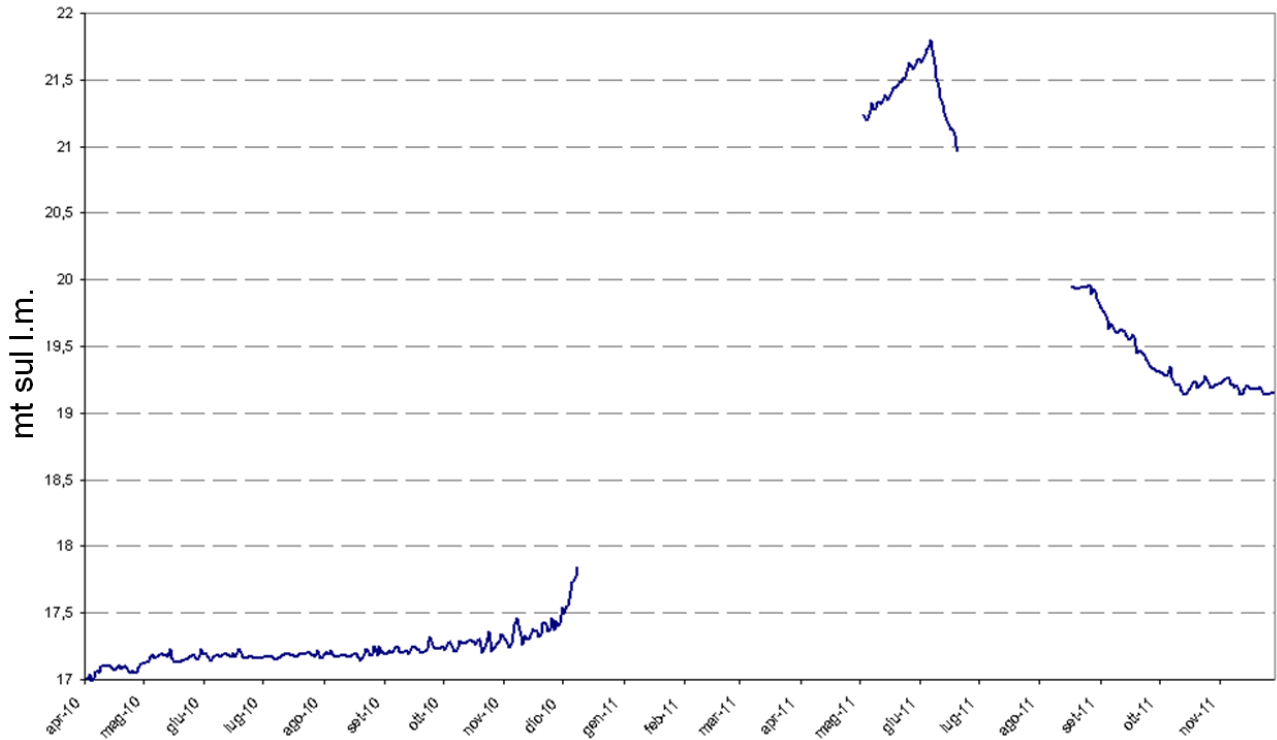


Figura 11 - Livello piezometrico nel piezometro "Via Fiacchi"

Nel periodo considerato, il minimo assoluto è stato nel novembre 2010 (17.23 m s.l.m.) ed il massimo assoluto nel giugno 2011 (21.80 m s.l.m.), l'oscillazione massima è stata dunque di 4.57 m. Considerando la quota del piano campagna relativa al piezometro di Via Fiacchi (59.5 m s.l.m.) la profondità della falda rispetto al terreno (soggiacenza) durante il periodo di monitoraggio è oscillata quindi tra 37.7 e 42.3 m dal p.c.. Osservando l'andamento nei due periodi di magra della falda, si nota infine che il livello piezometrico nel novembre 2011 si è alzato di circa 2 metri rispetto al novembre 2010.

Per un certo periodo di tempo in questo piezometro è stata misurata in continuo anche la conducibilità elettrica. La Figura 12 mette a confronto l'andamento di questo parametro col livello piezometrico, dall'aprile 2010 al novembre dello stesso anno.

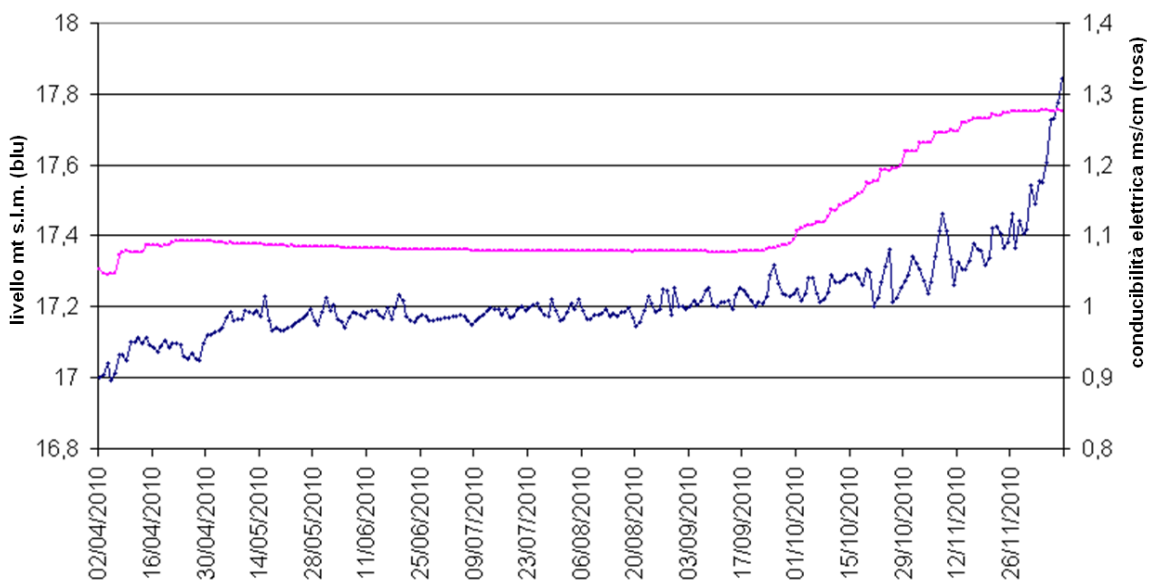


Figura 12 - Livello piezometrico e conducibilità elettrica nel piezometro "Via Fiacchi"

Come si vede il valore della conducibilità è salito nell'ultima parte del monitoraggio parallelamente alla quota del livello piezometrico. Trattandosi di un acquifero freatico questo starebbe a significare che l'acqua di ricarica che ha causato l'aumento del livello nel piezometro è più ricca in sali di quella presente precedentemente nell'acquifero. Tuttavia occorre osservare che l'aumento di conducibilità è abbastanza modesto (da 1.100 a 1.300 microS/cm), e che questo parametro è stato monitorato per troppo poco tempo.

Piezometri di Via Ronco (Castel Maggiore)

Si tratta di due piezometri, distanti tra loro pochi metri, ubicati in Via Ronco nel Comune di Castel Maggiore che perforati nel 2007 dal Servizio Geologico Sismico e dei Suoli della RER. Le misure orarie del livello in questi piezometri sono disponibili dal novembre 2007.

Il log stratigrafico, le caratteristiche costruttive ed il contesto geologico in cui questi piezometri si collocano sono indicati nella Figura 13 anche se, data la vicinanza dei due punti, non è stato possibile distinguerli né in pianta né in sezione.

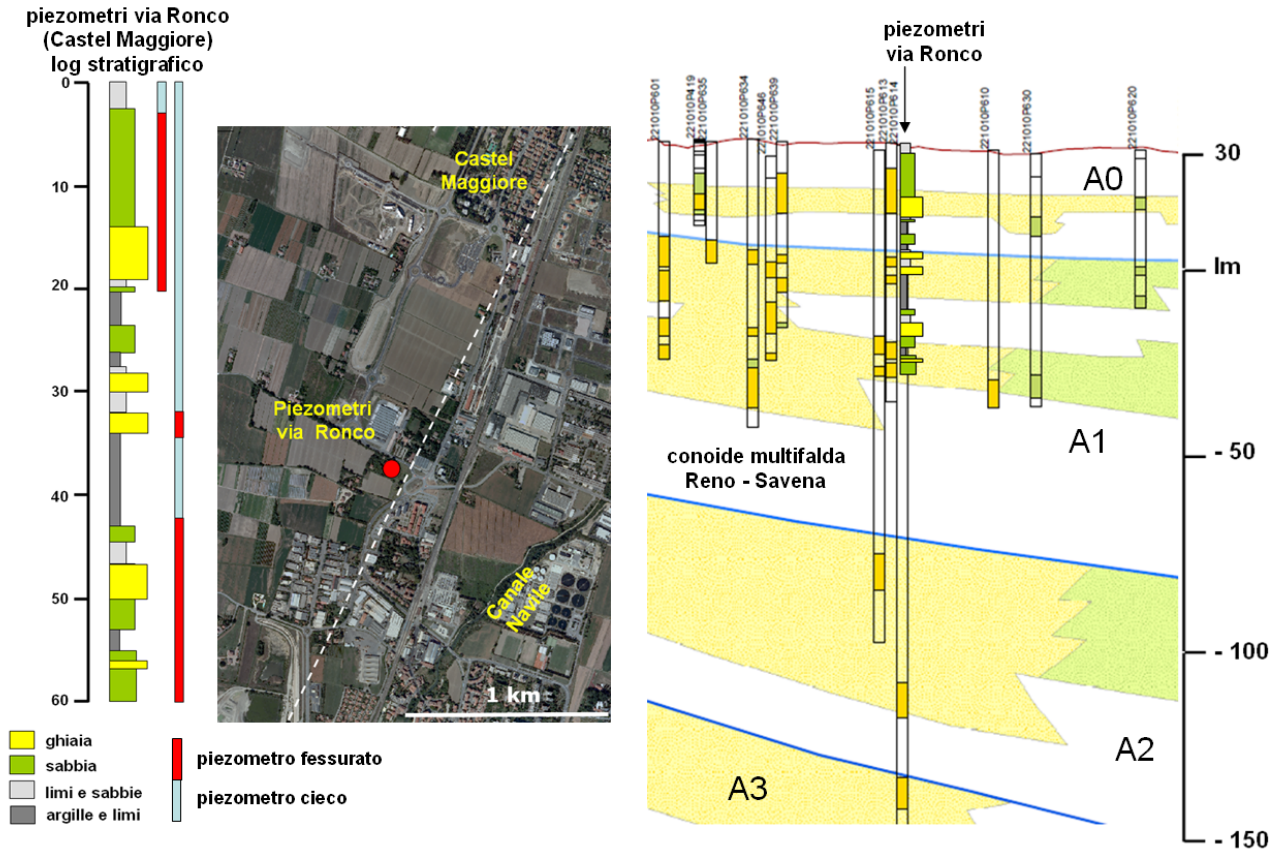


Figura 13 – Log stratigrafico, ubicazione e contesto geologico dei piezometri “Via Ronco”

I due piezometri sono posizionati nella parte multi falda della sistema delle conoidi alluvionali del Reno - Savena. Il meno profondo (20 m) intercetta l’acquifero freatico (A0), mentre il più profondo (60 m) interessa l’acquifero confinato A1.

Come in precedenza, nelle colonne stratigrafiche il giallo indica le ghiaie, il verde le sabbie ed il bianco i limi ed argille, mentre le campiture colorate in giallo e verde indicano rispettivamente i depositi prevalentemente ghiaiosi e sabbiosi della sistema delle conoidi alluvionali del Reno - Savena. Nella sezione sono inoltre indicate le distinzioni tra le diverse unità stratigrafiche secondo “Riserve Idriche Sotterranee della Regione Emilia-Romagna” (Regione Emilia-Romagna & ENI-AGIP, 1998).

Nella Figura 14 è rappresentato l’andamento del livello della falda nel piezometro che interessa l’acquifero freatico (denominato piezometro “Via Ronco freatico”).

Piezometro via Ronco (Castel Maggiore) freatico

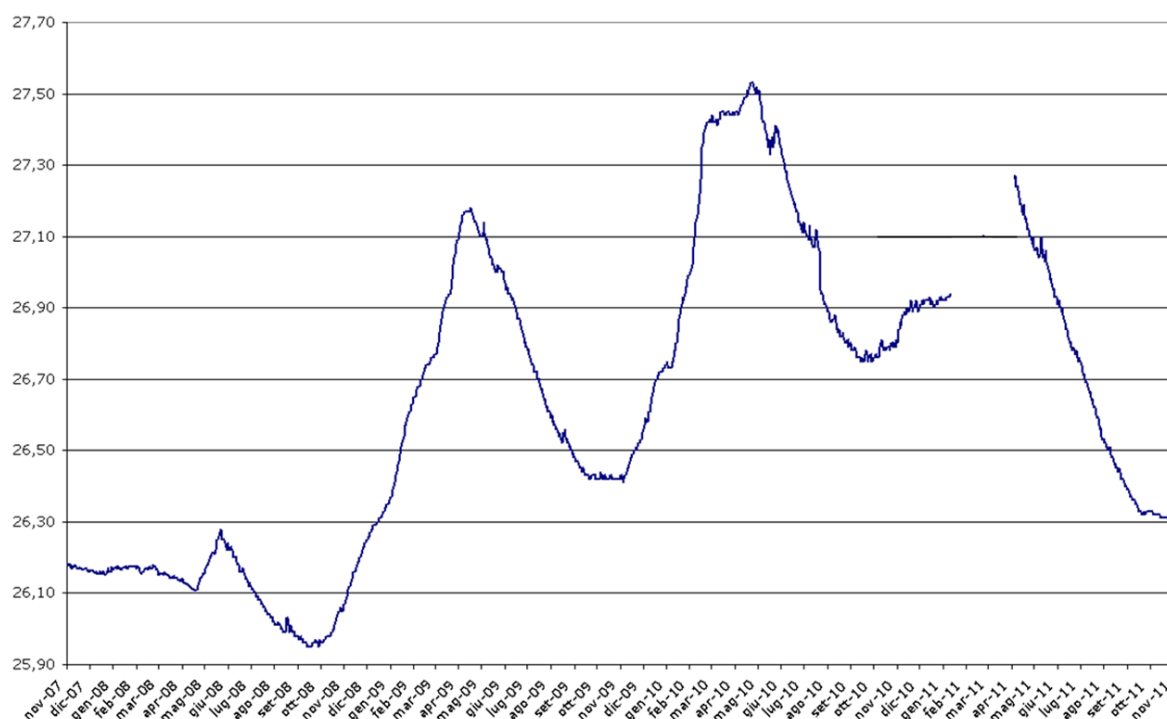


Figura 14 - Livello piezometrico nel piezometro “Via Ronco freatico”

Il livello di falda mostra generalmente un andamento sinusoidale se pur un po' articolato e poco evidente nel periodo novembre 2007 – novembre 2008. Generalmente i minimi si registrano nel tardo autunno (ottobre 2008 e 2010; novembre 2009 e 2011) mentre i massimi in primavera (giugno 2008, maggio 2009 e 2010).

Nel periodo investigato il minimo assoluto è stato nell'ottobre 2008 (25,96 m s.l.m.) ed il massimo assoluto nel maggio 2010 (27,53 m s.l.m.). L'oscillazione massima è stata dunque di 1,57 m.

Considerando che la quota del piano campagna relativa a questo piezometro è 31 m s.l.m., la profondità della falda rispetto al terreno (soggiacenza) durante il periodo di monitoraggio è oscillata tra 5,04 e 3,47 m dal p.c..

Analizzando i singoli cicli annuali di risalita ed abbassamento della falda, si osserva che: nel periodo dicembre 2007 – novembre 2008 la risalita della falda è stata di soli 0,1 m e l'abbassamento successivo di 0,32 m; durante il periodo novembre 2008 – novembre 2009, la risalita è stata di 1,21 m e l'abbassamento di 0,74 m; dal novembre 2009 al novembre 2010, la risalita è stata di 1,10 m e l'abbassamento di 0,76 m; Per il periodo dal novembre 2010 al novembre 2011, non essendo disponibile il dato del livello massimo non è possibile descrivere le oscillazioni della falda.

Osservando l'andamento dei periodi di magra della falda si nota che dal novembre 2008 al novembre 2011 il livello piezometrico si è alzato di 0,35 m.

La Figura 15, che pone a confronto il livello nel piezometro “Via Ronco freatico” con le piogge cumulate mensili ed i valori annuali, permette di osservare che la mancanza di risalita di livello nell'inverno 2007 – 2008 e nella successiva primavera 2008 è dovuto alla scarsità di precipitazioni di questo periodo. Le piogge del periodo maggio - giugno 2008 hanno invece causato una risalita molto modesta del livello, verosimilmente a causa dell'elevata evapotraspirazione.

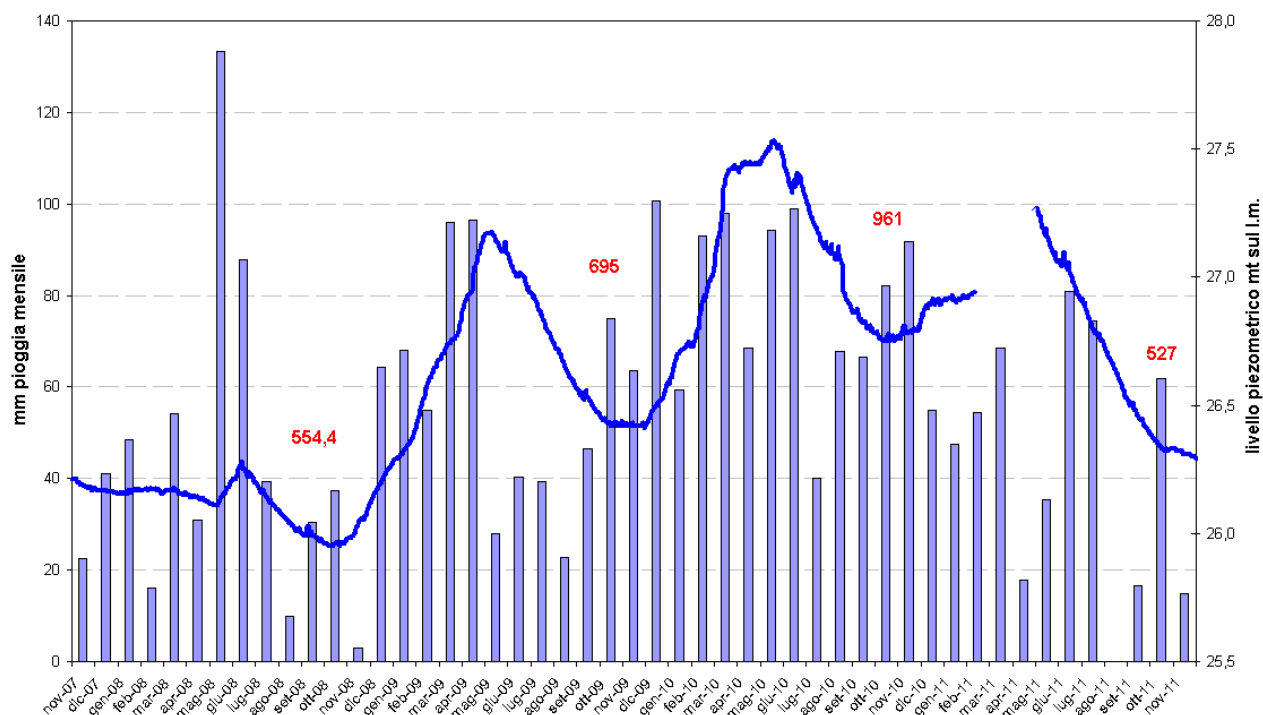


Figura 15 – Confronto fra livello piezometrico (curva blu), piogge cumulate mensili (istogramma grigio) e annuali (numeri rossi).

Il basso valore dell'escursione totale che caratterizza questo piezometro rispetto agli altri descritti in precedenza è dovuto probabilmente alla litologia fine che caratterizza i primi metri di sottosuolo, come si vede nella startigrafia di Figura 13.

Va poi sottolineato che la ricarica della falda freatica nella zona in cui si trova questo piezometro avviene essenzialmente ad opera delle precipitazioni locali, mentre nei piezometri analizzati in precedenza (conoidi Reno e Savena), è presente un significativo apporto dai fiumi e dal drenaggio delle zone limitrofe, indotto dalla forte soggiacenza che caratterizza, come visto, le conoidi del Reno e del Savena.

Per un certo intervallo di tempo in questo piezometro è stata fatta anche la lettura in continuo della conducibilità elettrica. La Figura 16 indica l'andamento di questo parametro rispetto al livello piezometrico, dal novembre 2007 al giugno 2008.

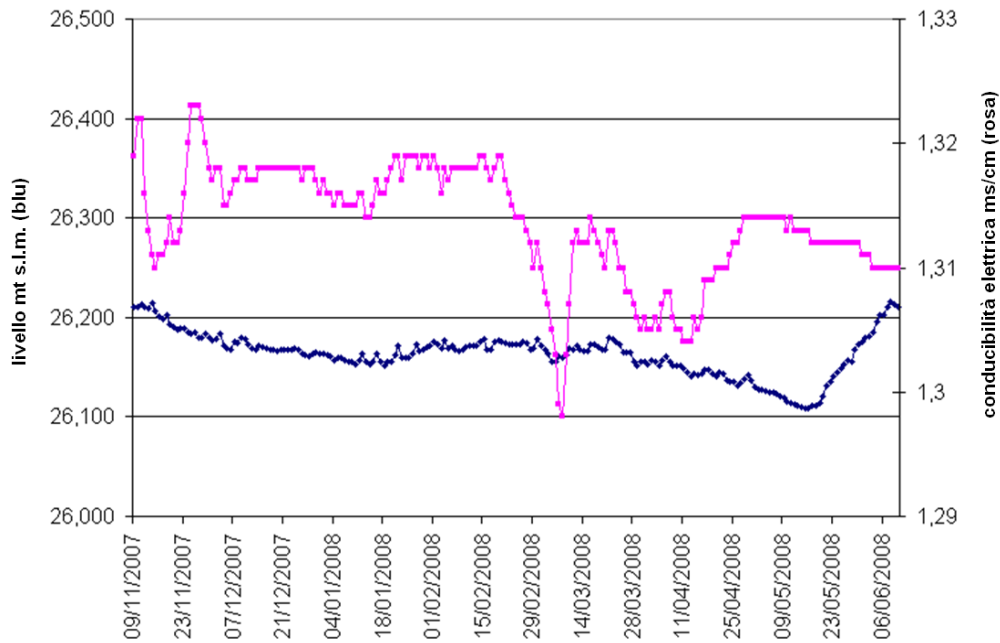


Figura 16 - Livello (blu) e conducibilità elettrica (rosa) del piezometro “Via Ronco freatico”.

La Figura 17 riporta l’andamento del livello piezometrico nel piezometro più profondo (denominato “Via Ronco confinato”).

Il livello di falda mostra generalmente un andamento sinusoidale se pur un po’ articolato e non evidente nel periodo novembre 2007 – novembre 2008. I livelli minimi si registrano in estate (agosto 2008 e 2009; luglio 2010 e ottobre 2011) e massimi in primavera (maggio 2009, giugno 2010 e aprile 2011).

Nei periodi tardo primaverili, estivi ed inizio autunnali, il livello della falda presenta sempre un andamento “seghettato” con continue discese e risalite dell’ordine di 50 cm circa. Questo andamento è quasi certamente dovuto al funzionamento di un pozzo irriguo presente nelle vicinanze che con la sua accensione e spegnimento causa delle rapide oscillazioni della falda. A prescindere da queste ultime, nel periodo investigato il minimo assoluto è stato registrato nell’agosto 2008 (16.6 m s.l.m.) ed il massimo assoluto nell’aprile 2011 (20.45 m s.l.m.). L’oscillazione massima è stata dunque di 3.95 m.

Considerando che la quota del piano campagna relativa a questo piezometro è 31 m s.l.m., la profondità della falda rispetto al terreno, durante il periodo di monitoraggio è oscillata tra 14.4 e 10.55 m dal p.c.. In questo caso, trattandosi di un acquifero confinato, non è corretto parlare di soggiacenza della falda, ma di una risalita dell’acqua in pressione dentro al tubo piezometrico.

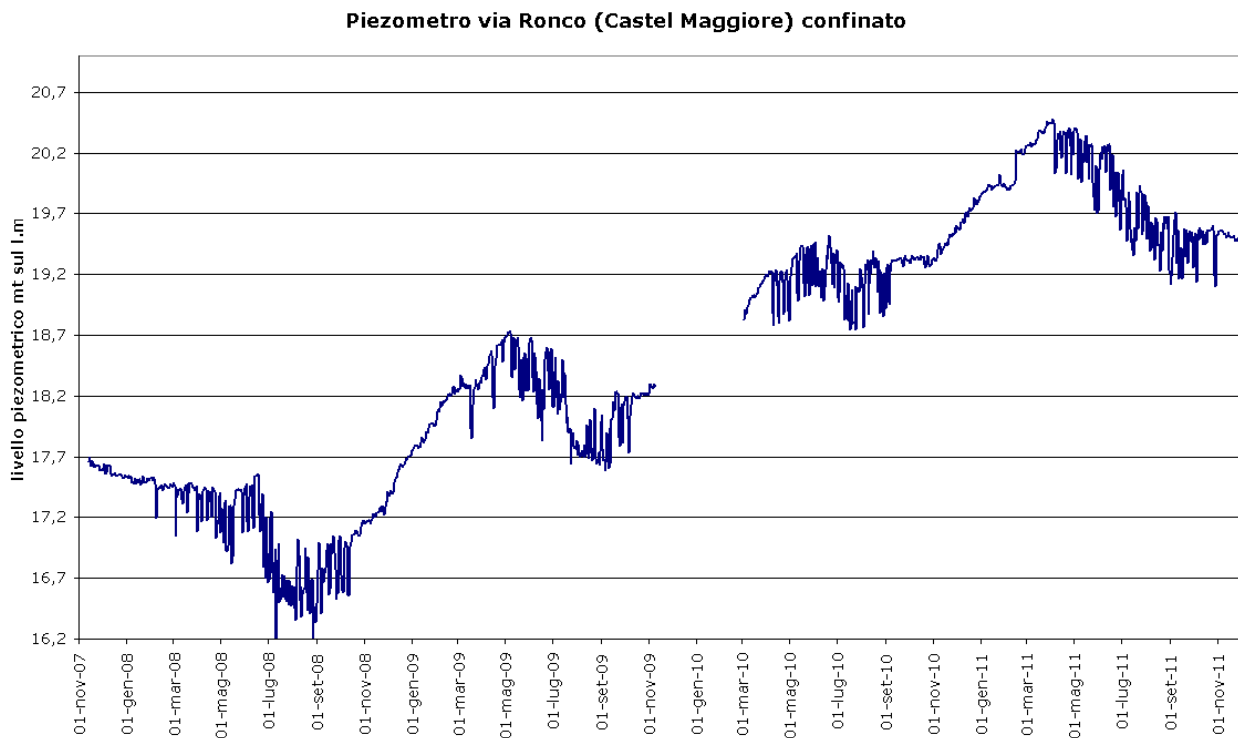


Figura 17 - Livello piezometrico nel piezometro “Via Ronco confinato”

Analizzando i singoli cicli annuali di risalita ed abbassamento della falda, si osserva che: nel periodo novembre 2007 – giugno 2008 non c’è stata alcuna risalita della falda, mentre l’abbassamento successivo sino ad agosto 2008 è stato di 1 m; durante il periodo agosto 2008 – maggio 2009 la risalita della falda è stata di 2.2 m e l’abbassamento successivo sino al agosto 2009 di 1 m; durante il periodo agosto 2009 – giugno 2010, la risalita è stata di 1.8 m e l’abbassamento al luglio 2010 di 0.5 m; da luglio 2010 ad aprile 2011, la risalita è stata di 1.40 m e l’abbassamento successivo sino all’ottobre 2011 di 1 m.

Osservando l’andamento dei periodi di magra della falda si nota che dall’agosto 2008 all’ottobre 2011 il livello piezometrico si è alzato complessivamente di 3 m.

La Figura 18, che pone a confronto il livello nel piezometro “Via Ronco confinato” con le piogge cumulate mensili ed i valori annuali, permette di osservare che la mancanza di risalita di livello nell’inverno 2007 – 2008 e nella successiva primavera 2008 è dovuto alla scarsità di precipitazioni di questo periodo. Le piogge del periodo maggio - giugno 2008 non hanno causato alcuna risalita del livello. Trattandosi di un acquifero confinato il confronto con la pioggia locale potrebbe sembrare non appropriato, ma occorre osservare che l’acquifero in questione circa 1 km a monte della zona in analisi entra in connessione con l’acquifero più superficiale ed è quindi plausibile che le piogge locali influenzino direttamente l’oscillazione della sua falda.

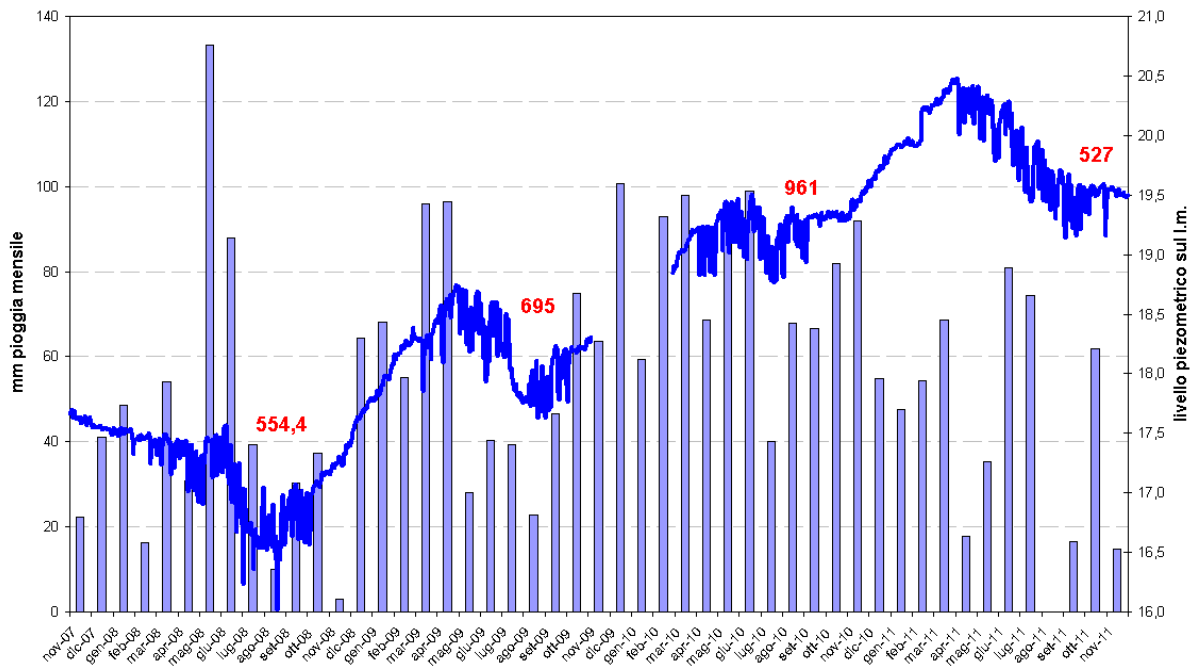


Figura 18 – Confronto fra livello piezometrico (curva blu), piogge cumulate mensili (istogramma grigio) e annuali (numeri rossi).

Anche in questo piezometro per un certo intervallo di tempo in questo piezometro si è misurata in continuo la conducibilità elettrica. La Figura 19 indica l'andamento di questo parametro rispetto al livello piezometrico, dal giugno 2008 al novembre 2009. Come si può osservare questa variabile ha avuto un valore decisamente costante nel periodo monitorato (0.840 microS/cm). Si osservi che la conducibilità elettrica, di questa falda è un po' inferiore rispetto a quella della falda freatica sovrastante (Figura 16). Questo indica una mineralizzazione inferiore dell'acquifero confinato rispetto al freatico e verosimilmente una qualità, se pur di poco, migliore.

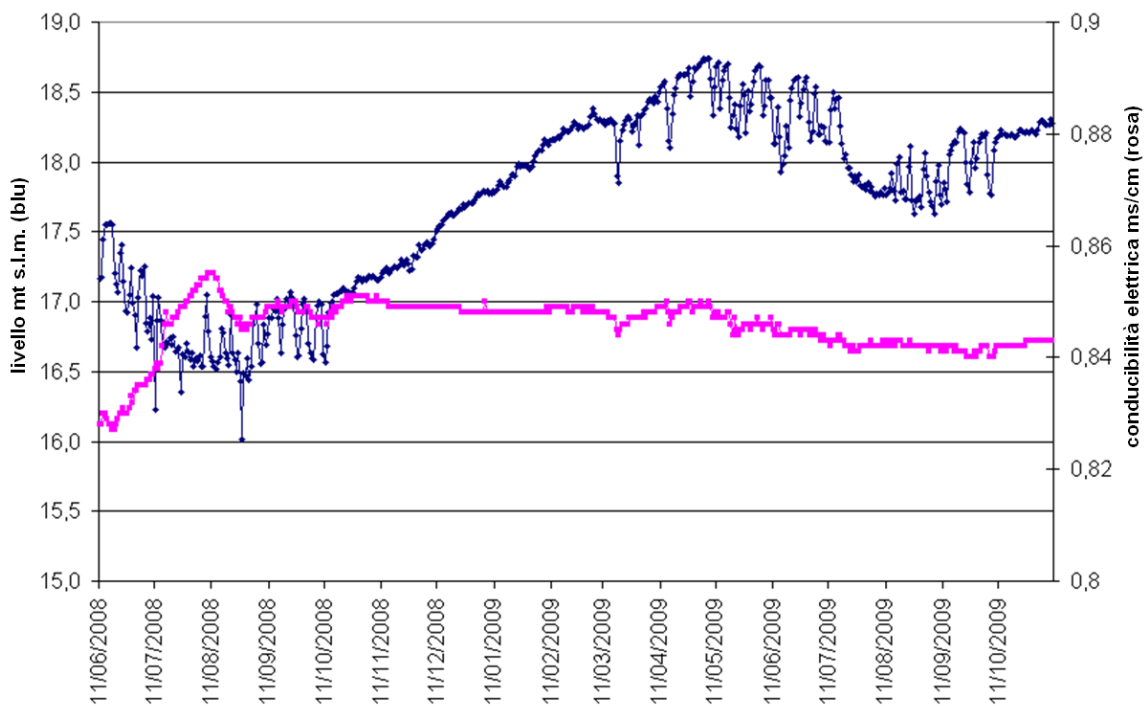


Figura 19 - Livello (blu) e conducibilità elettrica (rosa) nel piezometro "Via Ronco confinato".

Nella Figura 20 sono riportati i due grafici di livello nei due piezometri di via Ronco. Come si vede il livello dell'acquifero freatico è più alto di quello confinato di circa 7 - 8 m. Questa differenza di livello indica che le due falde sono certamente separate e che quindi i livelli fini indicati tra 20 e 28 m circa nella stratigrafia di Figura 13, sono sufficientemente estesi per separare le due falde. Si può notare inoltre che le oscillazioni delle due falde hanno andamenti stagionali del tutto simili (sebbene nel freatico siano di entità molto modesta); minimi e massimi si registrano più o meno negli stessi momenti, pur con un lieve anticipo nell'acquifero confinato.

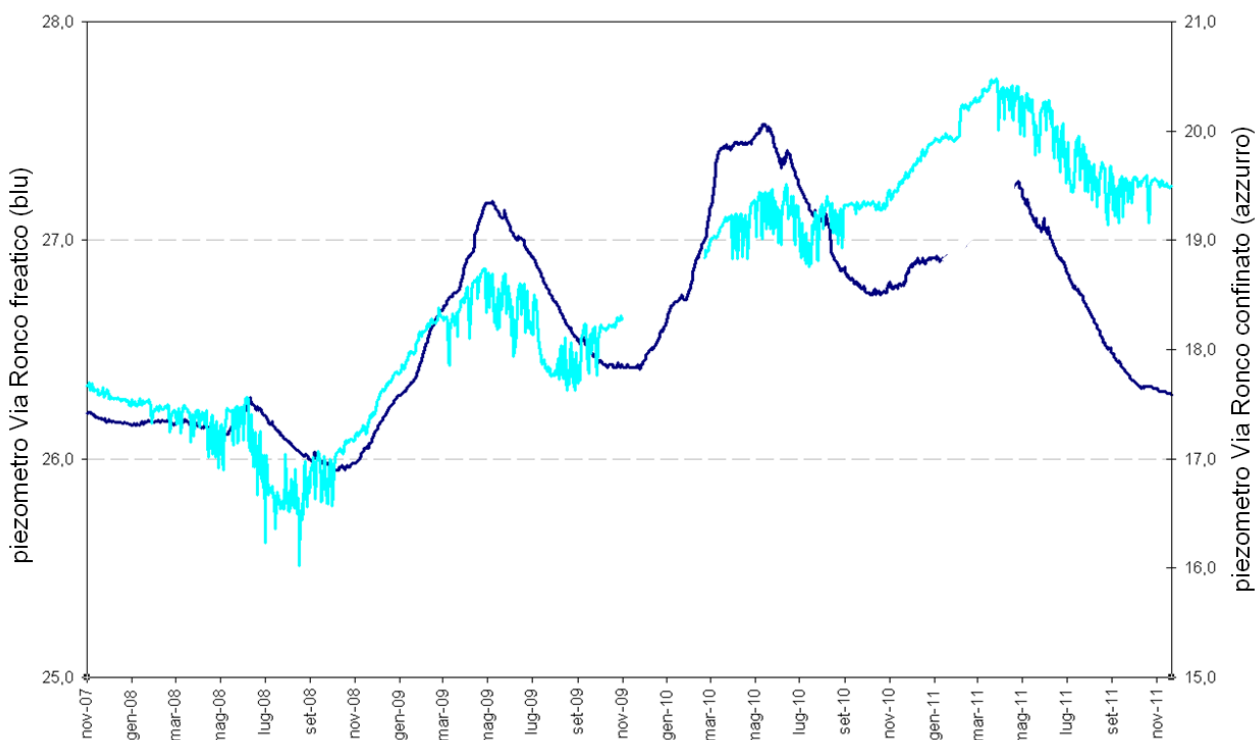


Figura 20 – Livelli di falda nei piezometri “Via Ronco freatico” (blu) e “Via Ronco Confinato” (azzurro).

Conclusioni

I dati presentati permettono di osservare in modo dettagliato come è variato il livello piezometrico in alcune zone della area urbana bolognese durante un intervallo di tempo di quattro anni (novembre 2007 – novembre 2011).

Le aree interessate dal monitoraggio in continuo dei livelli di falda sono la zona apicale ed amalgamata della conoide del Reno e del Savena, ed una zona di pianura che attiene alla conoide multistrato del sistema Reno – Savena, dove il monitoraggio interessa sia il primo acquifero confinato che il freatico sovrastante.

I dati raccolti indicano che i massimi del livello di falda avvengono nella tarda primavera ed i minimi alla fine dell'autunno; le escursioni tra massimo e minimo sono massime nella zona apicale della conoide del Reno, dove raggiungono annualmente i 6 – 7 m, e minime nella falda freatica in pianura, dove sono di circa 1 m.

Vengono confermati dei valori di soggiacenza molto elevati nelle zone della conoide del Reno (fino a 60 m nel settembre 2007), e del Savena (oltre 40 m nell'aprile 2010).

La vicinanza al fiume dei punti di monitoraggio nella conoide del Reno ha inoltre permesso di studiare dettagliatamente i rapporti tra il fiume ed il suo acquifero nei diversi regimi di portata del Reno. I dati mostrano che nei periodi di scarse portate il fiume sembra non alimentare le sue falde,

scorrendo pensile al di sopra di esse. Diversamente, negli episodi di morbida e piena è documentato un transito idrico dal fiume verso la falda.