

Analisi dei livelli del sistema acquifero superficiale in Piemonte 2012

Arpa Piemonte
Qualità delle Acque

Regione Piemonte
Direzione Ambiente

Torino, agosto 2013

Analisi dei livelli del sistema acquifero superficiale in Piemonte

a cura della Struttura Specialistica Qualità delle Acque con la collaborazione del Dipartimento Sistemi Previsionali



ARPA PIEMONTE
Struttura Specialistica Qualità delle Acque
P. Alfieri, 33 - 14100 Asti
Tel. 0141390020 – fax 0141390011
Sito web: www.arpa.piemonte.it
E-mail: qualita.acque@arpa.piemonte.it



REGIONE PIEMONTE
Direzione Ambiente
Via Principe Amedeo, 17 10123 Torino
Telefono 011 4321418
Sito web: www.regione.piemonte.it
E - mail: direzioneB10@regione.piemonte.it

INDICE

1	INTRODUZIONE.....	4
2	MODELLO CONCETTUALE	4
3	PRESENTAZIONE DEI DATI	9
	3.1 Monografie dei piezometri selezionati	9
	3.1.1 T PII51 Suno (00314310001) Vs. Agogna	10
	3.1.2 PII26 Gattinara (00206110001) Vs. Lozzolo	12
	3.1.3 P21 Rivarolo Canavese (00121710001) Vs. Front-Malone	14
	3.1.4 P34 Volpiano (00131410001) Vs. Brandizzo-Malone	16
	3.1.5 P26 Torino piazza d'Armi (00127210001) Vs. Torino Consolata	18
	3.1.6 P7 Virle Piemonte (00131010001) Vs. Villafranca Piemonte	20
	3.1.7 P16 Carmagnola (00105910001) Vs. Carmagnola	22
	3.1.8 P9 Scarnafigi (00421710001) Vs. Villanova Solaro	24
	3.1.9 P2 Tarantasca (00422510001) Vs. Dronero	26
	3.1.10 T2 Morozzo (00414410001) Vs. Morozzo	28
	3.1.11 T20 Bosco Marengo (00602110001) Vs. Novi Ligure	30
	3.1.12 T11 Pontecurone (00613210001) Vs. Isola S. Antonio	32
	3.1.13 T23 Alessandria (00600310001) Vs. Alessandria Lobbi	34
	3.1.14 P44 Strambino (00126910001) Vs. Piverone	36
	3.2 Valutazioni dell'andamento dei livelli di falda	38
	3.2.1 Deficit/surplus - Applicazione sperimentale	38
4	CONSIDERAZIONI FINALI	39

1 INTRODUZIONE

Le valutazioni contenute nel presente documento rappresentano un primo approccio metodologico nell'ambito del passaggio di proprietà e competenze, da Regione ad Arpa, in particolare dei piezometri strumentati per il rilevamento in continuo della soggiacenza, e delle relative attività connesse. L'anno in corso, durante il quale è stato realizzato lo studio per il 2012, rappresenta pertanto un periodo di transizione. Il punto di partenza per le valutazioni effettuate è la rete di monitoraggio delle acque sotterranee del Piemonte (RMRAS) costituita da 605 punti, dei quali 397 afferenti al sistema idrico superficiale (falda superficiale) e 208 al sistema idrico sotterraneo profondo (falde profonde). Tali punti sono principalmente adibiti al monitoraggio dello Stato Chimico della risorsa secondo i presupposti del D.L.vo 30/2009, formalizzati dalla DGR 22/02/2010 n° 48-13386, in recepimento delle direttive 2000/60/CE (WFD) e 2006/118/CE (GWD), quest'ultima specificatamente dedicata alle acque sotterranee. Per quanto concerne la falda superficiale (oggetto del nostro studio), la rete è sottesa da un'area di monitoraggio suddivisa in 13 Corpi Idrici Sotterranei (GWB). Un sottoinsieme di tale rete è costituito da 116 piezometri attrezzati con un sistema di rilevamento in continuo del livello di falda, mediante appositi data-logger.

Nel presente documento, i dati di soggiacenza saranno integrati e valutati considerando anche i principali risultati sulla pluviometria trattati nell'analogo documento riguardante l'idrologia.

È importante risaltare che le considerazioni qui espresse, ai sensi dei succitati provvedimenti europei, nazionali e regionali, potranno essere impiegate per una valutazione dello Stato Quantitativo della risorsa.

2 MODELLO CONCETTUALE

La comprensione della dinamica di un sistema acquifero è principalmente legata alla valutazione dei rapporti tra gli afflussi e i deflussi che lo interessano. Gli apporti sono legati essenzialmente alle precipitazioni meteoriche, alle perdite dai corsi d'acqua, all'irrigazione, alle eventuali dispersioni da parte di canali. I recapiti sono dovuti principalmente all'azione drenante dei corsi d'acqua, all'azione drenante dei fontanili ed eventuali sorgenti e all'emungimento da parte dei pozzi per fini diversi (agricolo, domestico, idropotabile etc.).

La selezione dei punti illustrata in Figura 1 e riportata in Tabella 1 è stata eseguita per ottenere dei riscontri rappresentativi di alcuni settori dell'acquifero superficiale di pianura, riconosciuti sulla base dell'andamento piezometrico regionale e definiti dalle Aree Idrogeologiche, cioè contesti di circolazione idrica sotterranea localizzati con medesime caratteristiche idrogeologiche. In questo modo si è cercato di acquisire un punto di verifica all'interno della maggior parte di tali settori ubicati, nell'ambito regionale, all'interno dei Corpi Idrici Sotterranei (GWB).

Nel processo di selezione si è cercato di prediligere i punti che fossero per lo più influenzati dagli eventi naturali (essenzialmente le precipitazioni) ed escludere quelli soggetti ad una ricarica artificiale, come i piezometri ubicati nelle aree risicole del novarese-vercellese. In questo caso le perdite dalla rete irrigua funzionale all'approvvigionamento delle risaie non consentono di eseguire una valutazione oggettiva della situazione idrica della falda. Analogamente, non sono stati considerati i piezometri in prossimità dei principali corsi d'acqua per evitare l'influenza della falda di sub-alveo in occasione di particolari eventi idrologici; infatti, tale dinamica potrebbe porre in risalto una situazione più attinente al regime idrologico del corso d'acqua piuttosto che alla falda intesa nel suo ambito naturale di esistenza e circolazione idrica sotterranea.

Si è cercato inoltre di caratterizzare l'insaturo (matrice suolo e sottosuolo) nel tentativo di comprendere i processi e le dinamiche che regolano l'infiltrazione delle acque meteoriche nell'area d'influenza di ciascun piezometro (anche se in realtà sulla verticale del punto).

Al riguardo, sono state valutate sia la capacità protettiva del suolo desunta dalla "Carta di Capacità Protettiva dei suoli nei confronti delle acque sotterranee" realizzata da IPLA, al fine di caratterizzare lo strato pedologico relativo al primo metro di profondità, sia le stratigrafie di ciascun piezometro per qualificare il livello insaturo sottostante fino alla superficie piezometrica.

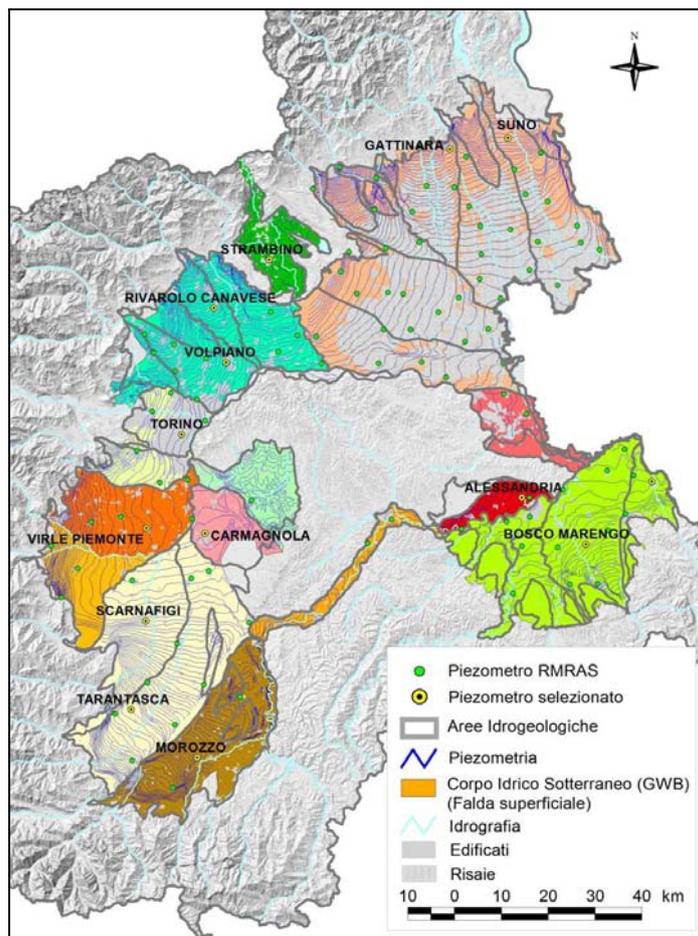


Figura 1. Ubicazione dei piezometri strumentati e identificazione di quelli selezionati ai fini dello studio, nella RMRAS

Tabella 1. Caratteristiche dei piezometri selezionati ai fini dello studio

Codice	Denominazione	Comune	UTM-X	UTM-Y	Quota (m s.l.m.)	Profondità (m p.c.)	Tratto filtrato	GWB	Area Idrogeologica
00314310001	PII51 Suno	Suno	463865	5053079	251	15	6-15	GWB-S1	NO01
00206110001	PII26 Gattinara	Gattinara	451456	5050724	258	25	10-25	GWB-S1	VC01
00121710001	P21 Rivarolo Canavese	Rivarolo C.se	401036	5016635	266	20	11-20	GWB-S3a	TO02
00131410001	P34 Volpiano	Volpiano	403621	5004933	218	20	11-20	GWB-S3a	TO03
00127210001	P26 Torino piazza d'Armi	Torino	394131	4989495	247	42,2	24-39	GWB-S3b	TO05
00131010001	P7 Virle Piemonte	Virle Piemonte	386634	4969386	246	15	3-15	GWB-S5a	TO07
00105910001	P16 Carmagnola	Carmagnola	399172	4968286	238	25	13-25	GWB-S4b	TO09
00421710001	P9 Scarnafigi	Scarnafigi	386505	4949465	292	25	7-25	GWB-S6	CN01
00422510001	P2 Tarantasca	Tarantasca	383355	4930476	455	54,5	39-54	GWB-S6	CN02
00414410001	T2 Morozzo	Morozzo	397447	4920151	430	20	5-11	GWB-S7	CN03
00602110001	T20 Bosco Marengo	Bosco Marengo	480469	4965911	130	30	12-30	GWB-S9	AL04
00613210001	T11 Pontecurone	Pontecurone	494541	4979380	95	25	10-25	GWB-S9	AL05
00600310003	T23 Alessandria	Alessandria	466743	4975917	94	15	3-15	GWB-S8	AL01
00126910001	P44 Strambino	Strambino	412816	5027041	232	25	12-24	GWB-S2	IV01

In particolare, sono state individuate la ripartizione e la percentuale relativa predominante di materiali fini (limi e argille) e grossolani (essenzialmente ghiaie e sabbie). In questo modo si è cercato di valutare la dinamica di risposta della falda in funzione delle precipitazioni e delle caratteristiche dell'insaturo, tenendo conto anche della soggiacenza. Infatti, risulta evidente come una maggiore soggiacenza media (cioè una maggiore profondità della superficie piezometrica), possa rendere il processo di risposta agli eventi meteorici tendenzialmente più ritardato/attenuato. Tuttavia, questo esercizio di considerare una serie di elementi, sulla carta fondamentali per comprendere le dinamiche in esame, si deve a volte confrontare con una disomogeneità intrinseca del mezzo, sia in senso verticale che laterale, rispetto al dato puntuale disponibile (proiettato sulla verticale del piezometro), che in alcuni casi può contrastare con il modello d'infiltrazione ipotizzato. Infine, come accennato in precedenza, nell'ambito di una valutazione degli afflussi e delle relative influenze sul livello piezometrico per i settori individuati, sono stati esaminati i dati di pioggia dei pluviometri più vicini ai piezometri selezionati (Tabella 2 e Figura 2). In questo caso si sono valutate anche le posizioni relative per stabilire il grado di significatività del dato di pioggia; giudicando in tal senso ottimale l'ubicazione del pluviometro a monte idrogeologico (MI,) oppure sulla stessa isopieza (ISO) a lato del piezometro selezionato (sempre nell'ambito della stessa Area Idrogeologica); e meno significative le ubicazioni poste a valle idrogeologico (VI) o in una diversa Area Idrogeologica (FAI), anche se a distanze paragonabili.

Tabella 2. Caratteristiche dei pluviometri individuati per ciascun piezometro selezionato

Codice	Denominazione	Comune	UTM X	UTM Y	Quota (m s.l.m.)	Collegamento Piezometro
004082900	Dronero	Dronero	373632	4923430	575	P2 Tarantasca
006003900	Alessandria Lobbi	Alessandria	476727	4976201	90	T23 Alessandria
001034700	Brandizzo Malone	Brandizzo	409882	5004010	192	P34 Volpiano
001059900	Carmagnola	Carmagnola	396316	4971343	232	P16 Carmagnola
001109900	Front Malone	Front	395441	5015494	270	P21 Rivarolo C.se
006087900	Isola S. Antonio	Isola S. Antonio	488564	4985460	77	T11 Pontecurone
002072901	Lozzolo	Lozzolo	448135	5054747	533	PII26 Gattinara
003100900	Momo Agogna	Momo	464790	5046697	213	PII51 Suno
004144900	Morozzo	Morozzo	395961	4919317	440	T2 Morozzo
006114900	Novi Ligure	Novi Ligure	480884	4959362	162	T20 Bosco Marengo
001196900	Piverone	Piverone	424479	5031426	230	P44 Strambino
001272906	Torino via della Consolata	Torino	396054	4992433	290	P26 Torino
001296900	Vialfrè	Vialfrè	407466	5026023	459	P44 Strambino
001300700	Villafranca Pellice	Villafranca Pellice	381427	4963366	260	P7 Virle Piemonte
004246900	Villanova Solaro	Villanova Solaro	386845	4954671	267	P9 Scarnafigi

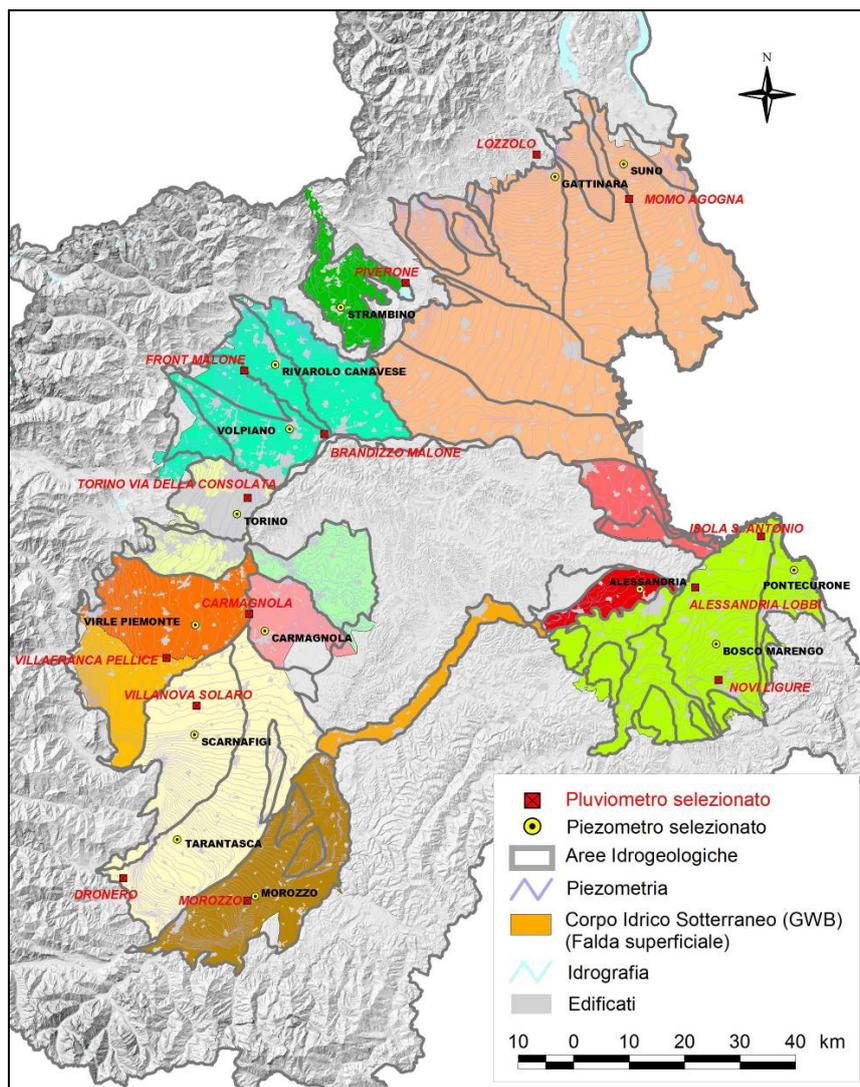


Figura 2. Piezometri e pluviometri selezionati

Al riguardo, nella Tabella 3 sono illustrati i criteri per classificare i succitati fattori per valutare la risposta della piezometria all'apporto delle precipitazioni. La scala cromatica (dal verde al rosso) evidenzia le situazioni progressivamente meno favorevoli (per ciascun indicatore considerato), ad avere una risposta più immediata e/o congruente con il dato di precipitazione.

Nella Tabella 4 viene riportata, per ciascun piezometro selezionato, la sintesi di tutte le considerazioni espresse in precedenza.

Tabella 3. Schema per la categorizzazione degli indicatori utilizzati per valutare la risposta della piezometria all'apporto delle precipitazioni

Posizione Pluviometro rispetto Piezometro	Monte Idrogeologico (MI)	Stessa Isopieza (ISO)	Valle Idrogeologico (VI)	Fuori Area Idrogeo (FAI)
Classe di Soggiacenza	1-6m (bassa)	6-10m (moderata)	10-20m (media)	>20m (elevata)
Capacità protettiva suoli verso acque sotterranee	bassa	moderatamente bassa	moderatamente alta	Alta
Capacità d'infiltrazione livello insaturo	molto alta	alta	media	bassa

Tabella 4. Sintesi degli indicatori utilizzati per valutare la risposta della piezometria all'apporto delle precipitazioni

Piezometro	Pluviometro	Posizione Pl. Vs Pz.	Classi di Soggiacenza	Capacità Protettiva suoli verso acque sotterranee	Capacità Infiltrazione livello insaturo da stratigrafia
PII51 Suno	Momo-Agogna	6 km VI	Moderata	Moderatamente bassa	Media
PII26 Gattinara	Lozzolo	5 km MI	Moderata	Bassa	Molto alta
P21 Rivarolo C.se	Front-Malone	6 km ISO	Bassa	Alta	Alta
P34 Volpiano	Brandizzo-Malone	7 km VI	Bassa	Moderatamente bassa	Molto alta
P26 Torino	Torino Consolata	3 km ISO	Alta	Moderatamente bassa	Molto alta
P7 Virle Piemonte	Villafranca Piemonte	8 km MI	Bassa	Moderatamente bassa	Media
P16 Carmagnola	Carmagnola	4 km FAI	Bassa	Moderatamente alta	Alta
P9 Scarnafigi	Villanova Solaro	5 km VI	Bassa	Moderatamente bassa	Media
P2 Tarantasca	Dronero	1 km MI	Alta	Moderatamente bassa	Molto alta
T2 Morozzo	Morozzo	2 km MI	Bassa	Moderatamente bassa	Molto alta
T20 Bosco Marengo	Novi Ligure	7 km MI	Media	Moderatamente bassa	Media
T11 Pontecurone	Isola S. Antonio	8 km FAI	Media	Moderatamente alta	Media
T23 Alessandria	Alessandria Lobbi	10 km FAI	Bassa	Alta	Bassa
P44 Strambino	Piverone	12 km ISO	Moderata	Moderatamente bassa	Media

La buona relazione esistente tra i millimetri di pioggia caduti su base giornaliera e l'andamento della falda giornaliero (nel periodo 2011-2012) ha evidenziato lo stretto legame esistente tra queste due variabili; un aspetto confermato anche dall'esame delle piogge cumulate mensili correlate con la soggiacenza media mensile nel periodo 2005-2012. Questa comparazione, effettuata su una serie più lunga di dati, ha permesso d'individuare degli anni relativamente più siccitosi o piovosi, caratterizzati dall'associazione livello di falda-millimetri di pioggia tendenzialmente più alti o più bassi. Ovviamente, il fenomeno può presentare risposte diverse in relazione a vari fattori; si citano ad esempio gli andamenti stagionali e l'intensità degli eventi piovosi, a cui può corrispondere un maggiore o minore grado d'infiltrazione, con un effetto più o meno immediato. Infatti, si potranno avere riscontri nello stesso mese per i piezometri con bassa soggiacenza, o nel mese/i successivi per quelli con alta soggiacenza, evidenziando anche intensità di risposta diverse su base annuale.

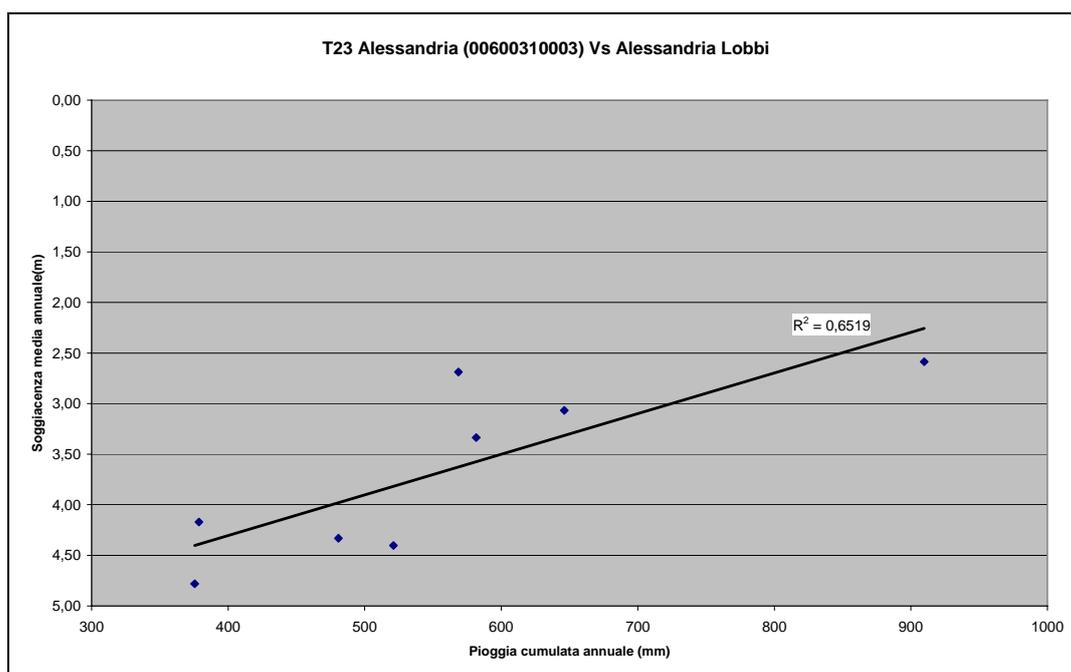


Figura 3. Correlazione tra piogge cumulate/anno e soggiacenza media/anno

Si è inoltre osservata una buona correlazione tra le piogge cumulate/anno rispetto alla soggiacenza media/anno; nella Figura 3 è riportato un esempio.

E' inoltre importante considerare per una descrizione completa dell'andamento, oltre al livello medio, anche la distribuzione dei dati di soggiacenza annua e l'escursione della falda. Infatti, nel paragrafo inerente la presentazione dei dati, verranno riportate le tabelle con le principali funzioni statistiche ed i Box-plot relativi ai dati piezometrici del periodo 2005-2012.

Infine, per valutare un'eventuale condizione di deficit (o surplus) di risorsa idrica sotterranea sulla base di quanto discusso (correlazione piogge/livelli), si può valutare lo scostamento e la distribuzione dei dati di soggiacenza rispetto ad un anno tipico.

Non avendo a disposizione serie storiche di soggiacenza tali da individuare un anno tipico, vista la correlazione tra piogge e livelli, si è ipotizzato di utilizzare la pioggia cumulata annuale tipica (basata sui dati pluviometrici del trentennio 1960-1990). Con questo approccio è possibile individuare nel periodo 2005-2012 l'anno con piovosità paragonabile a quella tipica, e considerare la soggiacenza media e la sua distribuzione (dall'esame dei Box-plot e dell'escursione di falda) come valore tipico. Questo valore/andamento andrà confrontato con i dati annuali da valutare (es. 2013 verso valore tipico). Il dato/andamento tipico della soggiacenza potrà essere confermato quando saranno disponibili serie di dati di più lunghi.

3 PRESENTAZIONE DEI DATI

3.1 Monografie dei piezometri selezionati

Vengono di seguito riportate, per ciascun piezometro selezionato, delle monografie con le caratteristiche salienti, sulle base delle considerazioni espresse nel paragrafo precedente, corredate dalle seguenti rappresentazioni:

- Grafici con il confronto precipitazioni–escursioni piezometriche giornaliere (riferite come soggiacenza) per gli anni 2011-2012. Ogni grafico presenta due ordinate: la prima relativa ai dati di pioggia normalizzati a 120 mm come fondo scala e la seconda relativa alla soggiacenza normalizzata in un intervallo di 5 m per potere meglio valutare le escursioni della falda tra i vari piezometri a prescindere dal valore di soggiacenza. Solamente per i punti di Pontecurone e Bosco Marengo sono state utilizzate delle scale con un intervallo più ampio di soggiacenza in ragione delle notevoli escursioni di livello registrate. La scelta di includere nei grafici anche il 2011 è finalizzata ad avere un margine di tempo più ampio per valutare gli andamenti del 2012 ed evidenziare eventuali fenomeni che possono avere una risposta ricorrente o più modulata nel tempo.
- Grafici con le piogge cumulate mensili in relazione con la soggiacenza media mensile, per il periodo 2005-2012, utilizzando una scala di soggiacenza analoga alla precedente ed una per la pioggia cumulata di 300 mm. In questo modo, avendo a disposizione una scala temporale più ampia, è possibile apprezzare con un maggiore dettaglio la relazione esistente tra andamento delle piogge e innalzamento della falda, la stagionalità e il comportamento di quest'ultima in occasione di periodi con minori precipitazioni.
- Box-plot ottenuti dall'elaborazione dei dati giornalieri di soggiacenza su base annua per il periodo 2005-2012. Al riguardo, il Box-plot è una rappresentazione grafica che permette di descrivere i valori assunti da una variabile in maniera sintetica e consente un rapido confronto con altre variabili. È composto dal box (scatola), baffi, outliers e mediana. La scatola è delimitata dal 25° e dal 75° percentile e indica l'intervallo in cui ricade il 50% dei dati, mentre un 25% dei dati è inferiore e un ulteriore 25% è superiore ai valori della "scatola". Simboli specifici (asterischi, triangolini, etc.) rappresentano i valori outliers, ovvero quei valori che distano dagli estremi della scatola più di 1,5 volte l'ampiezza della scatola stessa (IQR o distanza interquartile).
- Tabelle con le principali funzioni statistiche integrate dal dato dell'escursione di falda (differenza tra il valore massimo e minimo di periodo) derivanti dall'elaborazione dei dati giornalieri di soggiacenza su base annua per il periodo 2005-2012.

3.1.1 T PII51 Suno (00314310001) Vs. Agogna

L'andamento nel tempo dei livelli piezometrici giornalieri (espressi come soggiacenza) sono stati messi in relazione con le precipitazioni giornaliere (esprese in millimetri di pioggia) per il pluviometro di Agogna, ubicato circa 6 km a valle idrogeologico dal piezometro di Suno.

La soggiacenza media dell'acquifero nel 2012 è circa 6 m (denotando una classe "moderata"), mentre l'escursione annuale si aggira intorno ai 3 m. Si osserva una risposta praticamente istantanea del livello di falda agli eventi di pioggia. Nei periodi di magra, corrispondenti a situazione di assenza di precipitazioni e/o approvvigionamenti da pozzi limitrofi (specialmente durante la stagione irrigua), si raggiungono i livelli minimi (massima soggiacenza) che si attestano intorno ai 7 m. La buona relazione esistente tra eventi meteorici e innalzamento del livello è coerente con la capacità protettiva verso i suoli "moderatamente bassa" e una capacità d'infiltrazione "media" (Tabella 4).

Il grafico tra piogge cumulate mensili e soggiacenza media mensile, per il periodo 2005-2012, evidenzia come a partire dal 2008 si abbia un innalzamento del livello di falda correlato ad un aumento generalizzato dell'intensità dei dati di pioggia, associando il periodo 2008-2012 ad una situazione con maggiore disponibilità idrica sotterranea rispetto al triennio 2005-2007.

Questo effetto traspare anche dall'esame dei Box-plot ottenuti dall'elaborazione dei dati giornalieri di soggiacenza su base annua, che evidenziano come il periodo 2005-2007 si differenzi dal triennio 2009-2012 per gli intervalli di oscillazione di livello corrispondenti a valori di soggiacenza superiori; mentre il 2008 appare in una condizione di transizione. Quest'ultimo aspetto risalta anche dai valori elevati dell'escursione di falda (differenza tra valori massimi e minimi di soggiacenza) che nel 2008 risultano superiori ai 5 m.

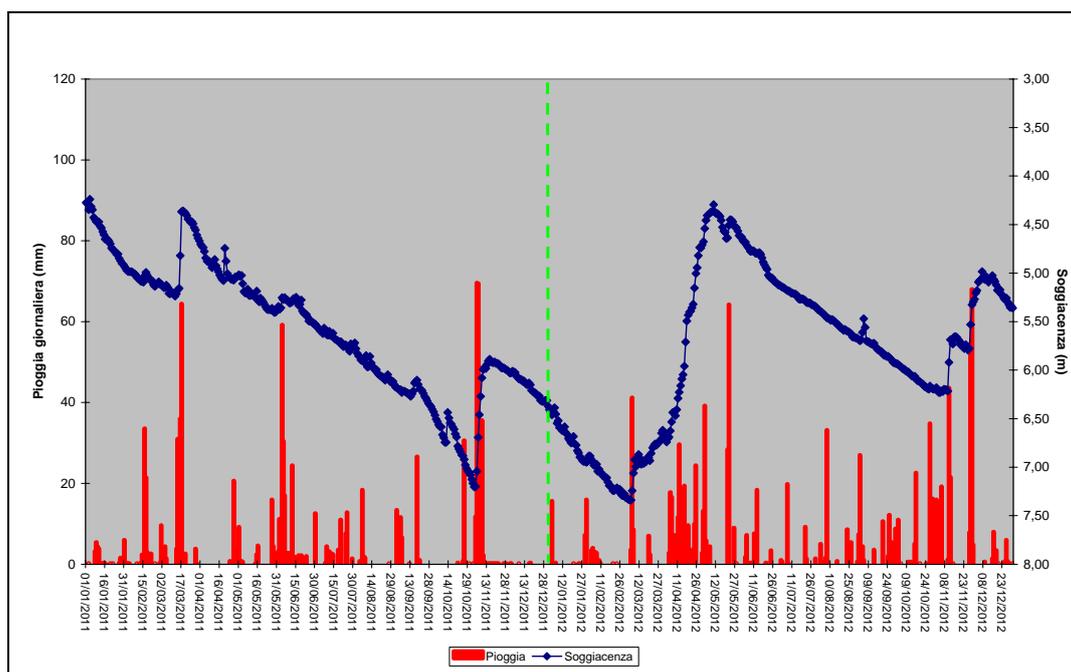


Figura 4. Piogge cumulate giornaliere e soggiacenza media giornaliera 2011-2012

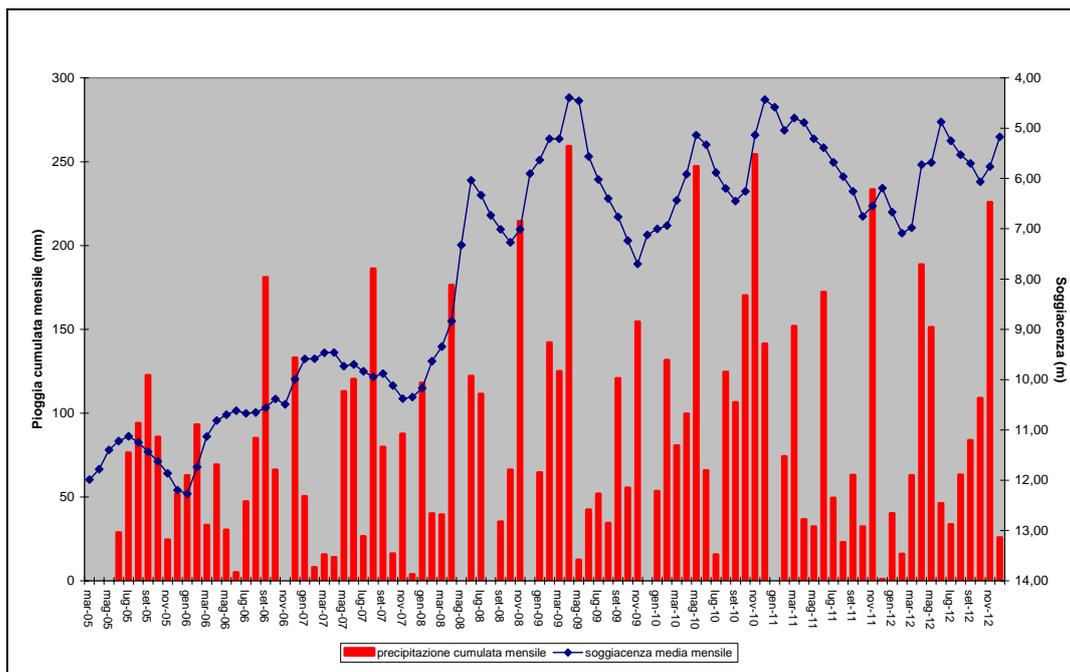


Figura 5. Piogge cumulate mensili e soggiacenza media mensile 2005-2012

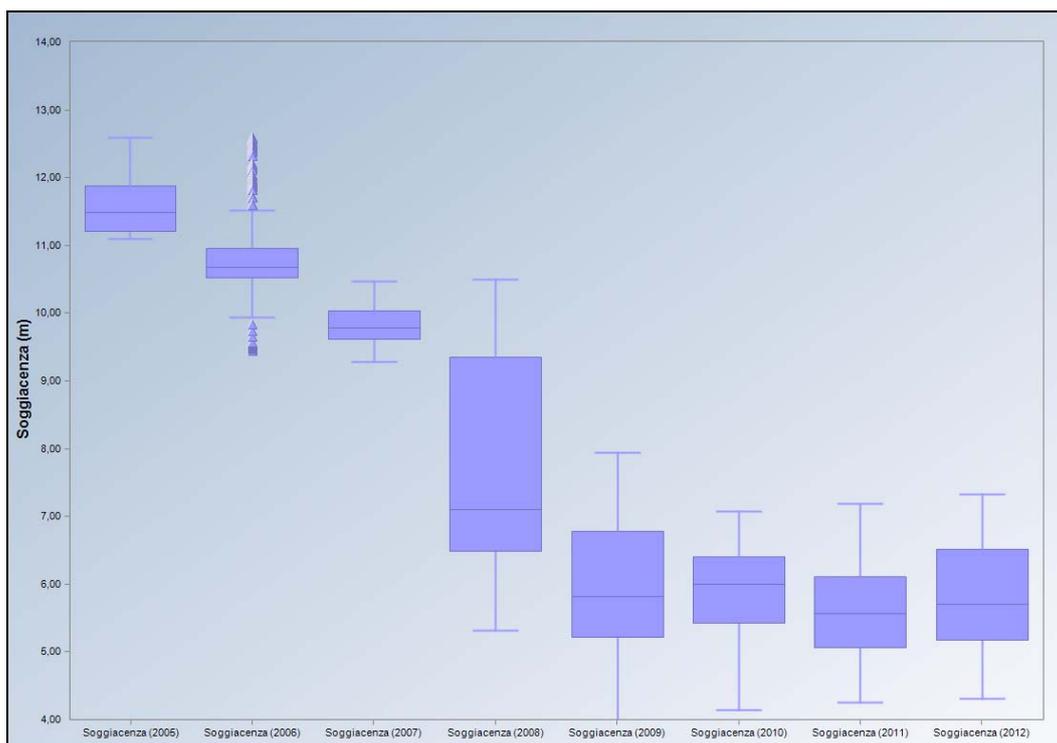


Figura 6. Box-plot soggiacenza media giornaliera 2005-2012

Tabella 5. Dati di sintesi 2005-2012

Suno	N. dati	Min	Max	Media	Mediana	SD	Escursione (m)
soggiacenza (2005)	291	11,08	12,61	11,57	11,48	0,383	1,53
soggiacenza (2006)	365	9,44	12,6	10,83	10,67	0,65	3,16
soggiacenza (2007)	365	9,27	10,48	9,842	9,78	0,302	1,21
soggiacenza (2008)	366	5,3	10,51	7,661	7,095	1,475	5,21
soggiacenza (2009)	345	3,67	7,95	5,958	5,82	1,007	4,28
soggiacenza (2010)	365	4,12	7,09	5,892	6	0,776	2,97
soggiacenza (2011)	365	4,24	7,2	5,588	5,56	0,677	2,96
soggiacenza (2012)	366	4,29	7,34	5,801	5,705	0,815	3,05

3.1.2 PII26 Gattinara (00206110001) Vs. Lozzolo

Per questo piezometro le precipitazioni di riferimento riguardano la stazione di Lozzolo ubicata circa 5 km a monte idrogeologico. La soggiacenza media dell'acquifero nel 2012 si attesta intorno a 9 m rientrando nella categoria "moderata", mentre l'escursione annuale è intorno ai 3 m. Anche in questo caso si osserva una risposta immediata come innalzamento del livello piezometrico rispetto alle precipitazioni. È interessante notare come il perdurare di una situazione con una sostanziale assenza di precipitazioni (dal novembre 2011 fino a febbraio-marzo 2012), abbia comportato il raggiungimento di un massimo di soggiacenza intorno a 11 m. Anche in questo caso la capacità protettiva verso i suoli "bassa" e la capacità d'infiltrazione "molto alta" sono coerenti con la repentina risposta del livello piezometrico agli eventi meteorici.

Il grafico tra piogge cumulate mensili e soggiacenza media mensile, per il periodo 2005-2012, evidenzia un andamento del livello influenzato dalla stagionalità, con i valori minori (bassa soggiacenza) in corrispondenza dei massimi di pioggia primaverili. Un limitato incremento delle precipitazioni a partire dal 2008 non ha un apparente effetto sull'andamento del livello; infatti, solamente l'esame dei Box-plot consente di poter distinguere tra il periodo 2008-2011 con caratteristiche simili per quanto riguarda i livelli di falda, dal periodo 2005-2007 che denota una minore disponibilità idrica in ragione degli intervalli di soggiacenza più elevati. Il 2012 risulta atipico rispetto ai due periodi identificati; infatti, manifesta un'escursione elevata (2,8 m) dovuta probabilmente al prolungato periodo siccitoso evidenziato in precedenza ed alla successiva ricarica della falda in occasione delle piogge primaverili.

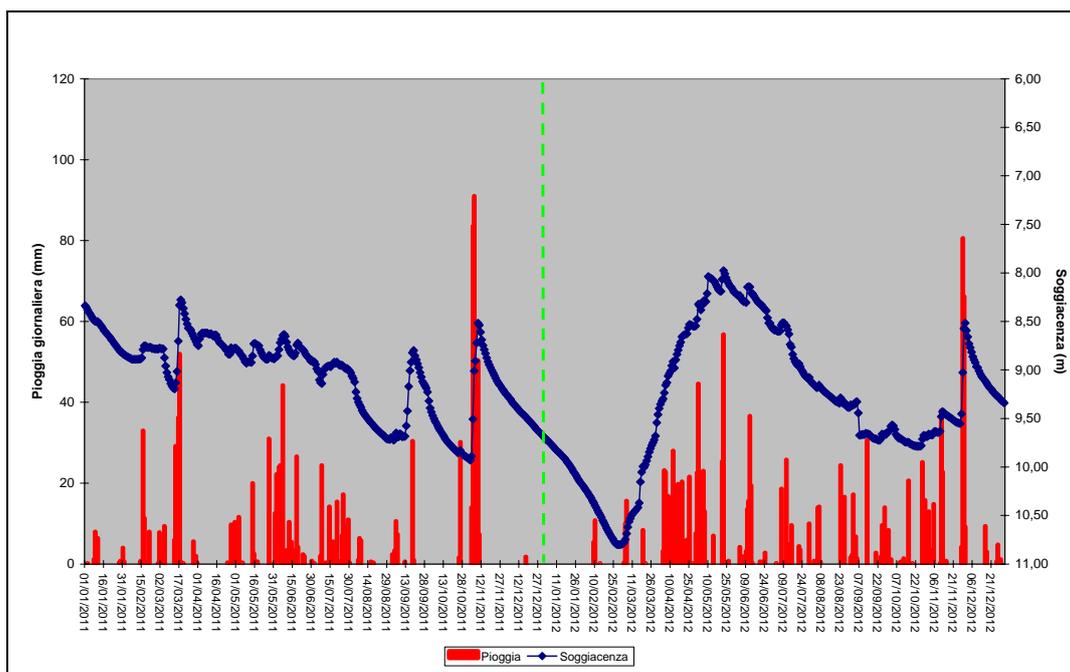


Figura 7. Piogge cumulate giornaliere e soggiacenza media giornaliera 2011-2012

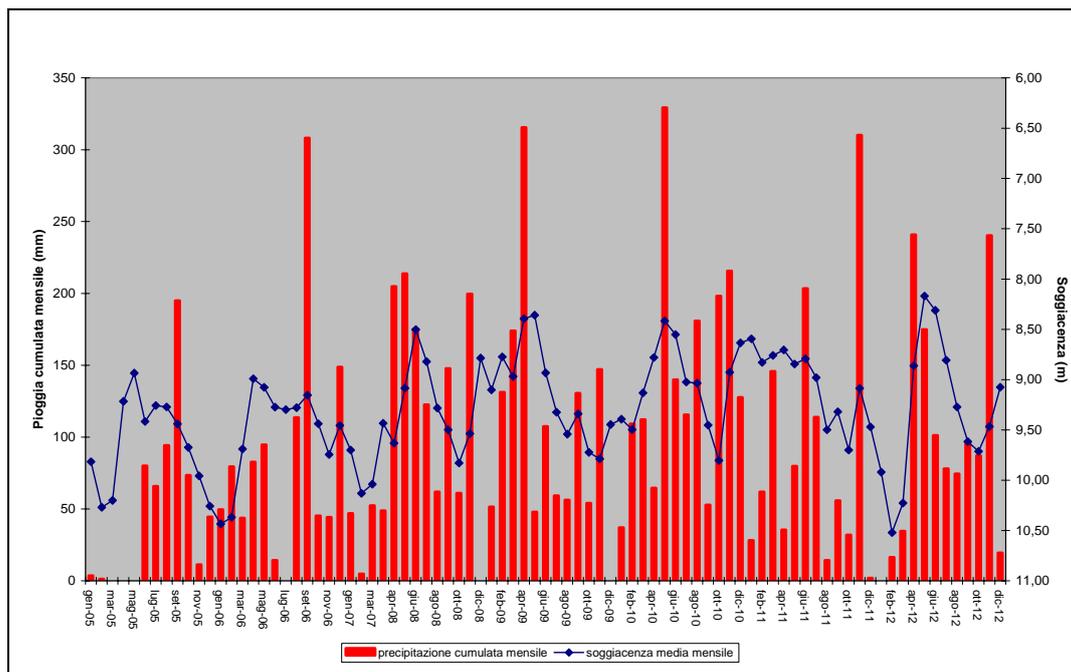


Figura 8. Piogge cumulate mensili e soggiacenza media mensile 2005-2012

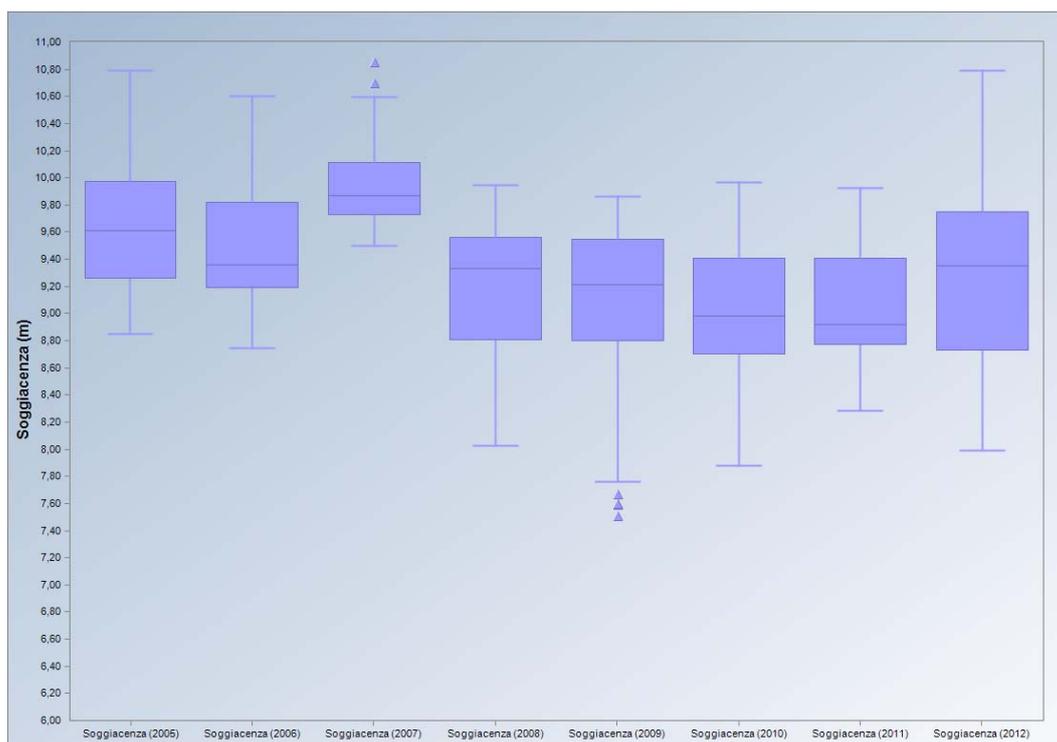


Figura 9. Box-plot soggiacenza media giornaliera 2005-2012

Tabella 6. Dati di sintesi 2005-2012

Gattinara	N. dati	Min	Max	Media	Mediana	SD	Escursione (m)
soggiacenza (2005)	365	8,84	10,8	9,641	9,61	0,473	1,96
soggiacenza (2006)	362	8,74	10,61	9,516	9,36	0,483	1,87
soggiacenza (2007)	63	9,49	10,85	9,915	9,87	0,282	1,36
soggiacenza (2008)	280	8,02	9,95	9,222	9,33	0,474	1,93
soggiacenza (2009)	365	7,51	9,87	9,145	9,21	0,503	2,36
soggiacenza (2010)	365	7,87	9,97	9,051	8,98	0,465	2,1
soggiacenza (2011)	365	8,28	9,93	9,051	8,92	0,401	1,65
soggiacenza (2012)	366	7,98	10,8	9,326	9,355	0,722	2,82

3.1.3 P21 Rivarolo Canavese (00121710001) Vs. Front-Malone

Questo piezometro è accoppiato con il pluviometro di Front Malone, ubicato circa 6 km a ovest e rientra nella classe di soggiacenza “bassa”. Infatti, il valore medio per il 2012 si attesta intorno ai 3,5 m con escursioni intorno a 1,5 m. Tale condizione favorisce una risposta immediata come innalzamento del livello piezometrico nei confronti degli eventi meteorici. Anche in questo caso il perdurare di una situazione siccitosa, analogamente ai piezometri precedenti, comporta il raggiungimento di un massimo di soggiacenza oltre i 4 m tra marzo e aprile 2012. La capacità protettiva verso i suoli “alta” contrasta con un’analogha capacità d’infiltrazione; tuttavia, nella evidente e immediata risposta del livello piezometrico alle precipitazioni appaiono più decisive le caratteristiche dell’insaturo, oltre alla bassa soggiacenza, piuttosto che le caratteristiche del suolo. Il grafico tra piogge cumulate mensili e soggiacenza media mensile, per il periodo 2005-2012, evidenzia un progressivo aumento delle precipitazioni (ed un conseguente innalzamento di livello) a partire dalla fine del 2008 (rispetto al triennio 2005-2007), che si stabilizza negli anni successivi. L’esame dei Box-plot rileva come questa situazione appaia consolidata nel periodo 2008-2012, pur con una lieve propensione verso un aumento degli intervalli di soggiacenza nel 2012.

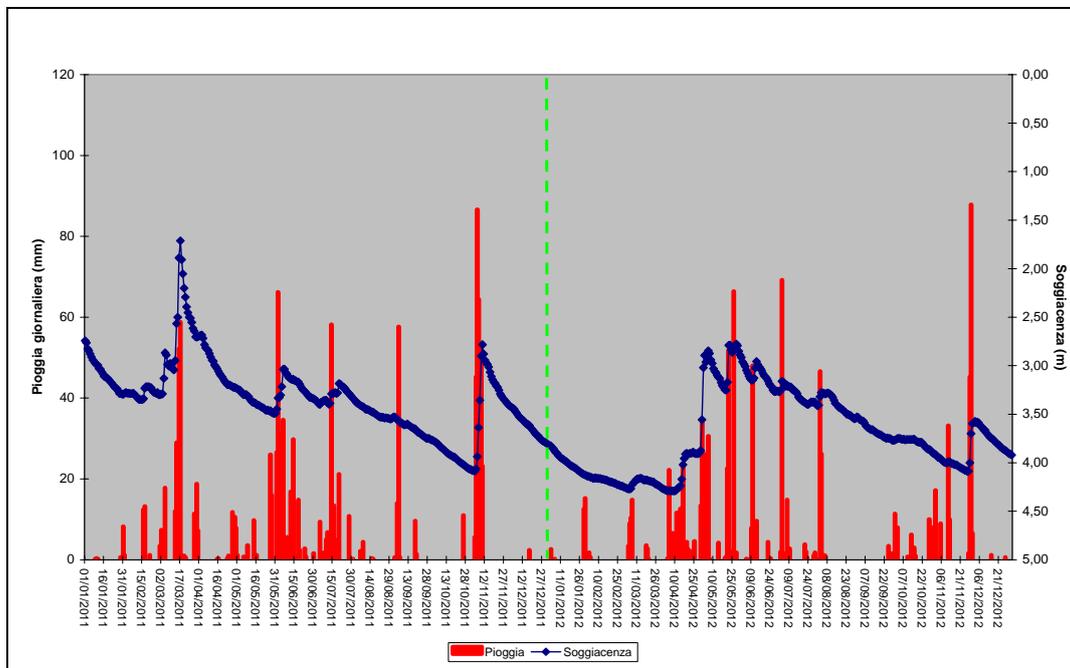


Figura 10. Piogge cumulate giornaliere e soggiacenza media giornaliera 2011-2012

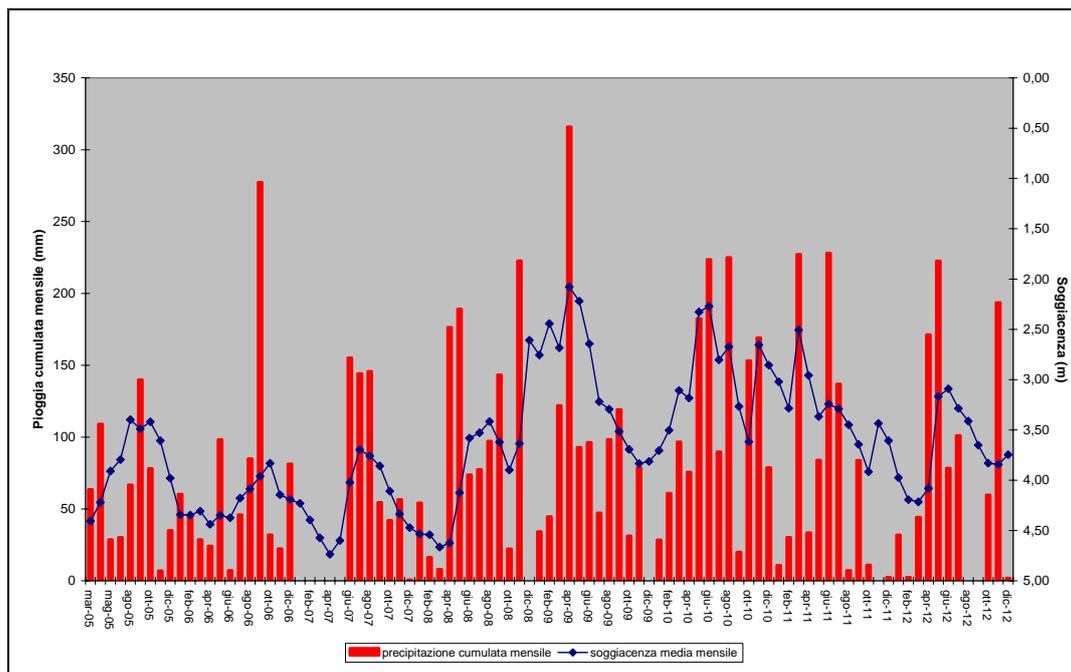


Figura 11. Piogge cumulate mensili e soggiacenza media mensile 2005-2012

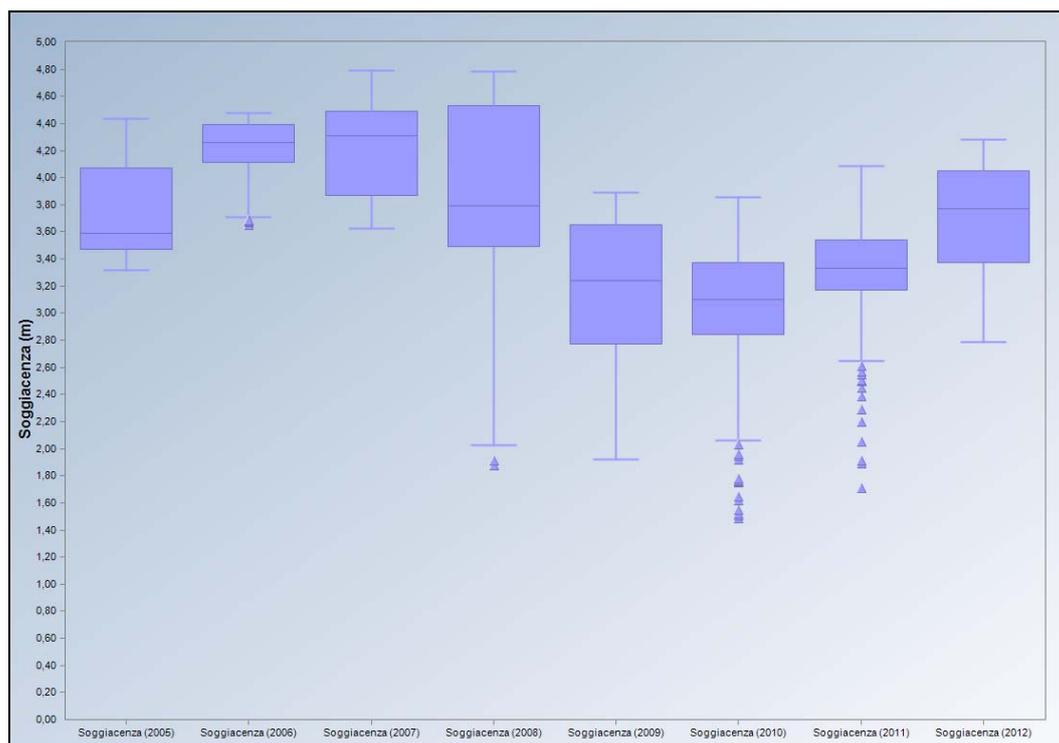


Figura 12. Box-plot soggiacenza media giornaliera 2005-2012

Tabella 7. Dati di sintesi 2005-2012

Rivarolo	N. dati	Min	Max	Media	Mediana	SD	Escursione (m)
soggiacenza (2005)	188	3,31	4,44	3,748	3,59	0,362	1,13
soggiacenza (2006)	365	3,65	4,48	4,227	4,26	0,19	0,83
soggiacenza (2007)	365	3,62	4,8	4,222	4,31	0,347	1,18
soggiacenza (2008)	366	1,88	4,79	3,906	3,795	0,625	2,91
soggiacenza (2009)	311	1,91	3,9	3,186	3,24	0,516	1,99
soggiacenza (2010)	365	1,49	3,86	3,056	3,1	0,483	2,37
soggiacenza (2011)	365	1,71	4,09	3,33	3,33	0,369	2,38
soggiacenza (2012)	366	2,78	4,29	3,707	3,77	0,414	1,51

3.1.4 P34 Volpiano (00131410001) Vs. Brandizzo-Malone

Il piezometro è abbinato con il pluviometro di Brandizzo-Malone, ubicato 7 km a valle idrogeologico. La soggiacenza media della falda nel 2012 è intorno a 3,8 m attestandosi nella categoria “bassa” con un’escursione di 2,3 m. Analogamente agli altri esempi citati in precedenza si osserva una risposta del livello di falda alle precipitazioni immediata e con innalzamenti tangibili, mentre il massimo di soggiacenza (5 m) viene raggiunto, anche in questo caso, in corrispondenza di periodi meno piovosi (novembre 2011 - marzo 2012). La buona correlazione esistente tra precipitazioni e innalzamento/intensità di scostamento del livello è altresì coerente con una capacità protettiva del suolo “moderatamente bassa” e una capacità d’infiltrazione “media”.

Il grafico tra piogge cumulate mensili e soggiacenza media mensile, per il periodo 2005-2012, evidenzia un incremento delle precipitazioni a partire dal 2008 che induce una diminuzione della soggiacenza almeno fino al 2011; mentre nel 2012, caratterizzato da un decremento delle precipitazioni (rispetto al triennio 2009-2011), si osserva un’inflessione del livello di falda.

Questo andamento viene evidenziato anche dai Box-plot dove è possibile distinguere tra gli anni 2005-2007 con livelli più elevati (minore disponibilità idrica sotterranea), e il periodo 2009-2011 con una maggiore disponibilità idrica. Gli anni 2008 e 2012 appaiono in una situazione di transizione rispetto ai precedenti. In particolare il 2008 con elevati valori di escursione (3,8 m), denota il passaggio da un periodo siccitoso, caratterizzato da un’elevata soggiacenza, a un cambio di regime pluviale che si riflette in una ricarica della falda con conseguente moderato innalzamento del livello.

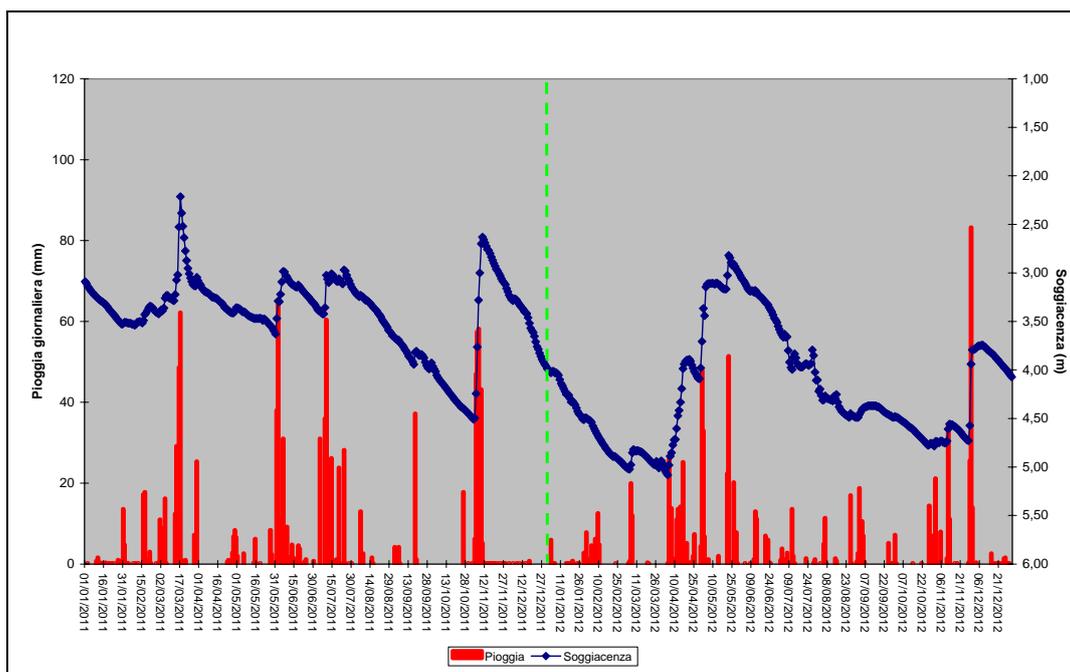


Figura 13. Piogge cumulate giornaliere e soggiacenza media giornaliera 2011-2012

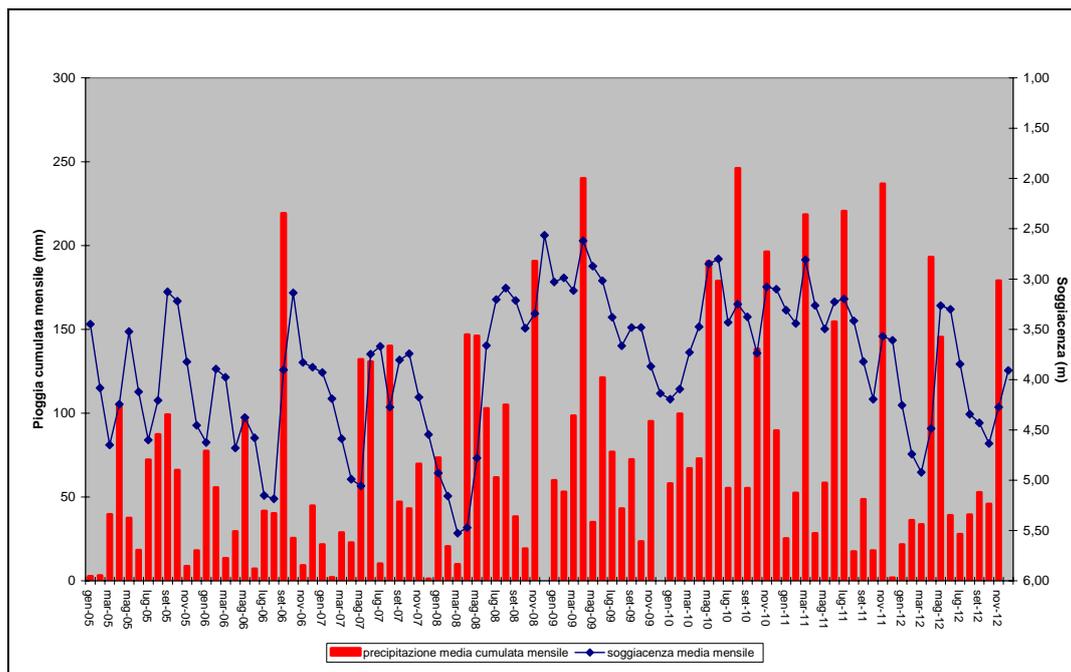


Figura 14. Pioggia cumulate mensili e soggiacenza media mensile 2005-2012

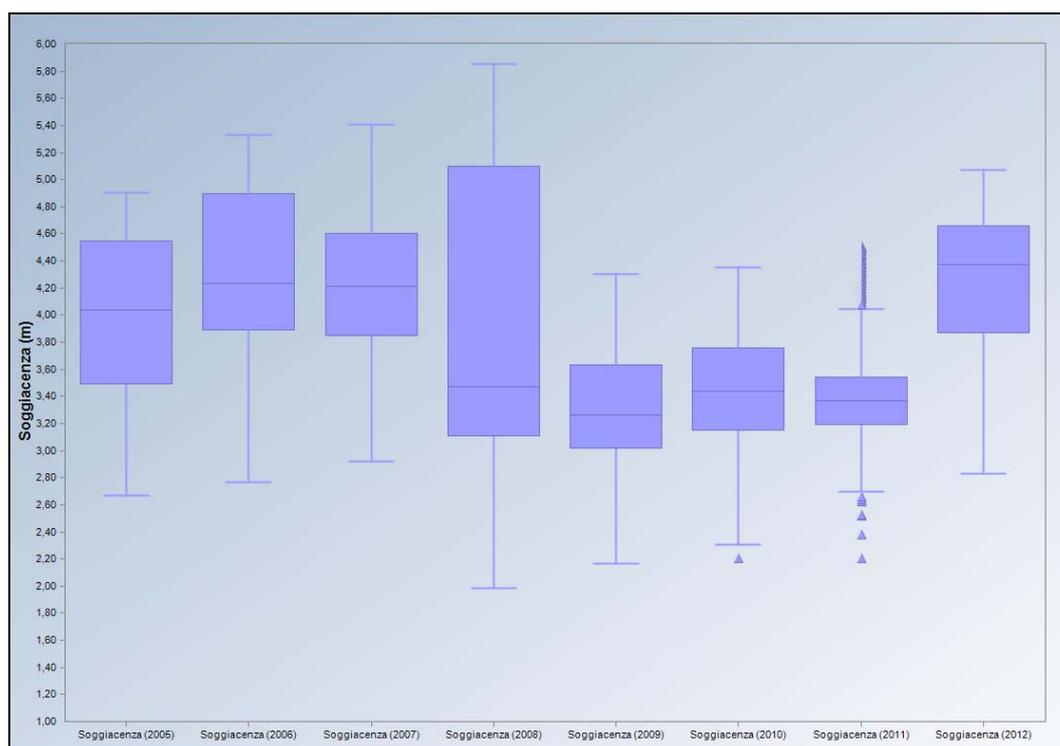


Figura 15. Box-plot soggiacenza media giornaliera 2005-2012

Tabella 8. Dati di sintesi 2005-2012

Volpiano	N. dati	Min	Max	Media	Mediana	SD	Escursione (m)
soggiacenza (2005)	365	2,66	4,91	3,977	4,04	0,608	2,25
soggiacenza (2006)	365	2,76	5,34	4,312	4,23	0,651	2,58
soggiacenza (2007)	365	2,91	5,41	4,192	4,21	0,546	2,5
soggiacenza (2008)	366	1,98	5,86	4,03	3,475	1,081	3,88
soggiacenza (2009)	365	2,16	4,31	3,343	3,26	0,417	2,15
soggiacenza (2010)	364	2,21	4,36	3,449	3,435	0,43	2,15
soggiacenza (2011)	365	2,21	4,51	3,426	3,37	0,392	2,3
soggiacenza (2012)	366	2,82	5,08	4,2	4,37	0,579	2,26

3.1.5 P26 Torino piazza d'Armi (00127210001) Vs. Torino Consolata

In questo piezometro le precipitazioni di riferimento riguardano la stazione di Torino in via della Consolata, ubicata circa 3 km a NE. La soggiacenza media nel 2012 si attesta a 21,7 m, denotando una categoria "alta", mentre l'escursione annuale è intorno a 0,5 m evidenziando una risposta poco accentuata, in certi casi leggermente ritardata, anche se, in generale, correlabile agli eventi piovosi di maggiore intensità. La soggiacenza massima risulta 22,2 m e non appare associata ad un periodo con minori precipitazioni; anche se, come citato in precedenza, l'escursione alquanto limitata non permette di evidenziare certi fenomeni. La capacità protettiva verso i suoli "moderatamente bassa" e la capacità d'infiltrazione "alta" potrebbero invece favorire una risposta più accentuata dell'innalzamento del livello; tuttavia è importante risaltare come l'area d'influenza del piezometro si trovi all'interno di un ampio contesto urbano, in prevalenza cementato, che funge da "isolante" nel processo di interscambio con la falda. Infine, anche l'alta soggiacenza può rappresentare un elemento a favore di una minore reattività.

Il grafico tra piogge cumulate mensili e soggiacenza media mensile, per il periodo 2005-2012, evidenzia invece una buona correlazione tra precipitazioni e livello; infatti, si distingue tra il periodo 2005-2007 caratterizzato da eventi di minore intensità e soggiacenze più elevate e il periodo 2009-2012 caratterizzato da maggiori precipitazioni (sia in frequenza che intensità) e soggiacenze minori. Il 2008 indica una situazione dove le precipitazioni sono concentrate nella seconda metà dell'anno, mentre la risposta piezometrica appare ritardata e tangibile solo a partire da dicembre.

Tutti questi aspetti risultano evidenti anche dall'esame dei Box-plot, che consentono di identificare un periodo relativamente siccitoso 2005-2009 (livelli più alti) con minore disponibilità idrica sotterranea, da quello relativamente piovoso 2009-2012 (livelli più bassi) con una superiore disponibilità idrica. In realtà, come osservato in precedenza, il 2008 risulta, dal punto di vista delle precipitazioni, come un anno "piovoso" con una distribuzione eccentrica delle piogge che non fornisce un riscontro effettivo nel relativo Box-plot (a causa del ritardo di risposta della falda), anche se si osservano numerosi outlayers orientati verso un innalzamento del livello.

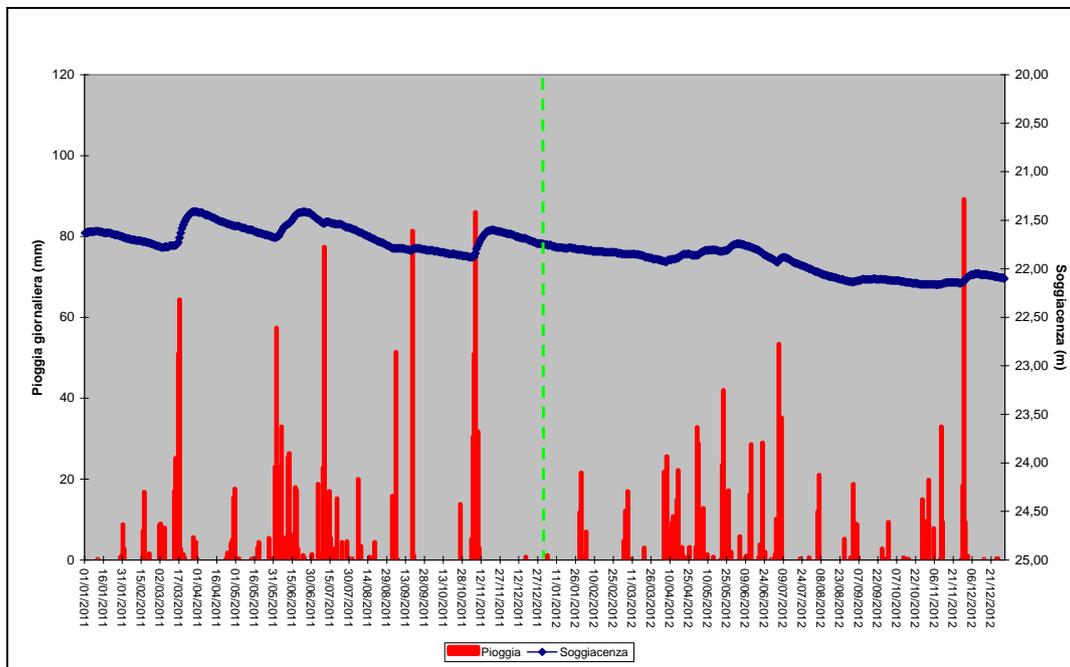


Figura 16. Piogge cumulate giornaliere e soggiacenza media giornaliera 2011-2012

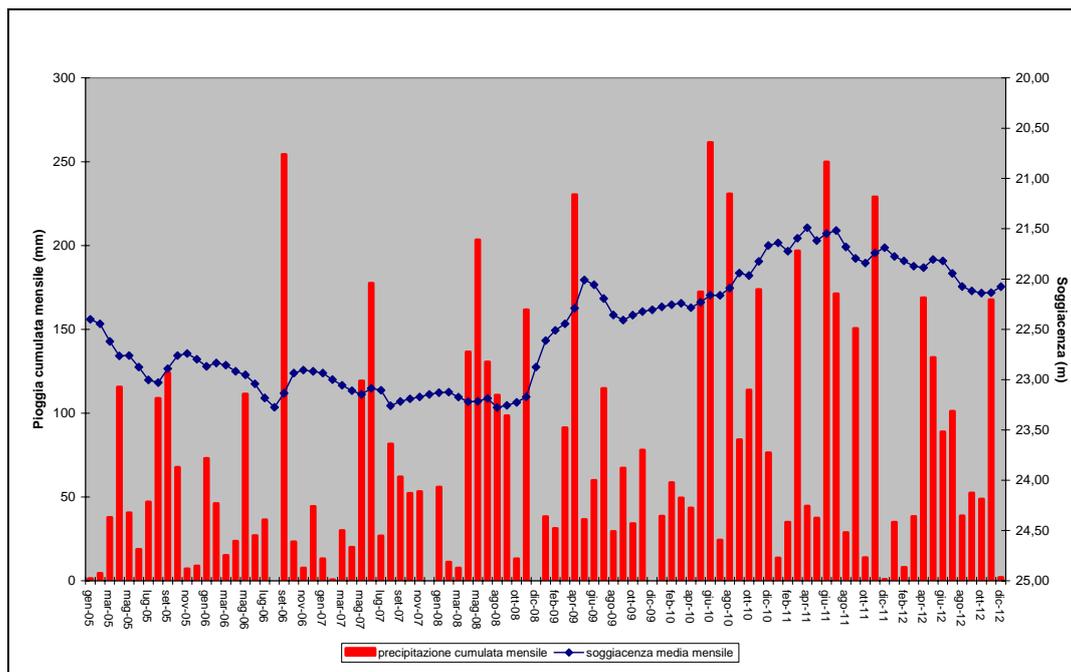


Figura 17. Piogge cumulate mensili e soggiacenza media mensile 2005-2012

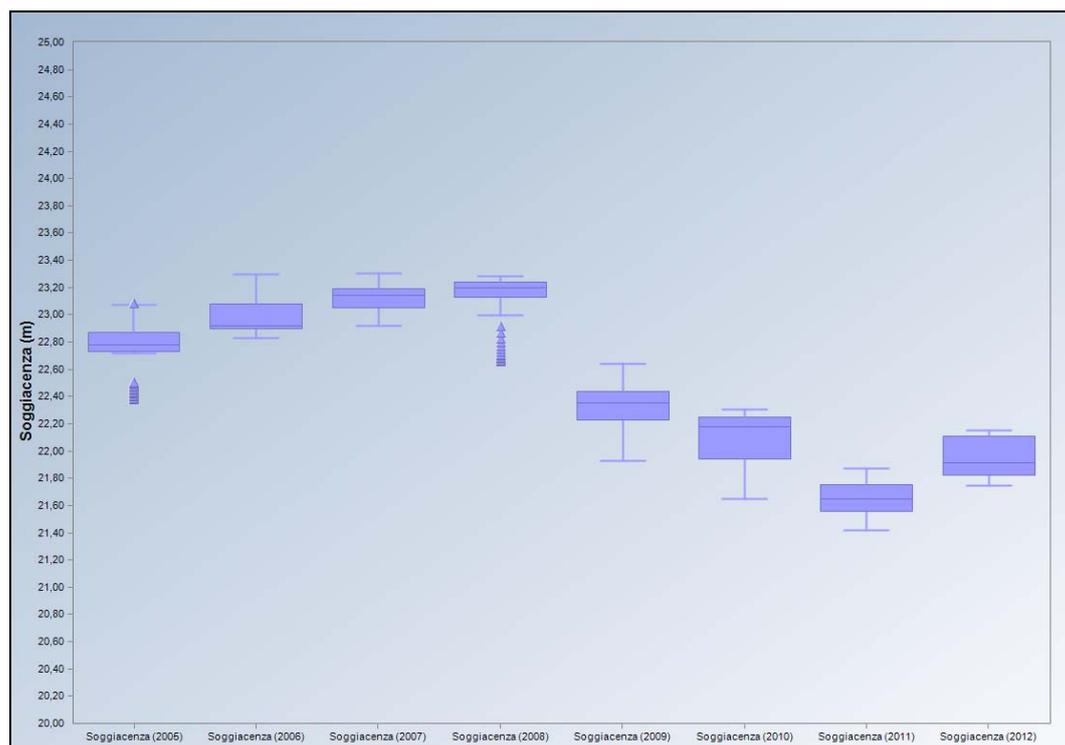


Figura 18. Box-plot soggiacenza media giornaliera 2005-2012

Tabella 9. Dati di sintesi 2005-2012

Torino	N. dati	Min	Max	Media	Mediana	SD	Escursione (m)
soggiacenza (2005)	365	22,38	23,09	22,76	22,78	0,194	0,71
soggiacenza (2006)	365	22,82	23,3	22,99	22,92	0,145	0,48
soggiacenza (2007)	362	22,91	23,31	23,12	23,14	0,0929	0,4
soggiacenza (2008)	303	22,66	23,29	23,17	23,2	0,113	0,63
soggiacenza (2009)	365	21,92	22,65	22,32	22,35	0,183	0,73
soggiacenza (2010)	365	21,64	22,31	22,09	22,18	0,2	0,67
soggiacenza (2011)	365	21,41	21,88	21,65	21,65	0,124	0,47
soggiacenza (2012)	366	21,74	22,16	21,95	21,91	0,142	0,42

3.1.6 P7 Virle Piemonte (00131010001) Vs. Villafranca Piemonte

Questo piezometro è collegato con il pluviometro di Villafranca Piemonte, ubicato circa 8 km a monte idrogeologico e rientra nella classe di soggiacenza “bassa”; infatti, nel 2012 si attesta intorno a 2,6 m con un escursione di 2,2 m. Questa condizione favorisce una risposta sostanzialmente immediata come innalzamento (e relativa intensità di scostamento) del livello piezometrico nei confronti degli eventi meteorici. Il raggiungimento del massimo di soggiacenza (3,8 m in agosto), appare più associato ad estrazioni effettuate durante la stagione irrigua da pozzi limitrofi, piuttosto che al periodo con minori precipitazioni. La capacità protettiva verso i suoli “moderatamente” bassa e la capacità d’infiltrazione “media”, oltre alla bassa soggiacenza, concordano con una risposta dell’innalzamento del livello di falda sensibile agli eventi meteorici.

Il grafico tra piogge cumulate mensili e soggiacenza media mensile, per il periodo 2005-2012, mostra un aumento delle precipitazioni (a partire dalla fine del 2008 e inizio 2009), che produce un innalzamento dei livelli di falda, anche se, in modo meno evidente rispetto ai casi precedenti. E’ probabile che l’emungimento di acque sotterranee nel corso della stagione irrigua influenzi la risposta della falda inibendo in un certo modo anche il processo di riequilibrio.

L’analisi dei Box-plot consente di operare una distinzione tra il periodo 2005-2007 relativamente siccitoso (minore disponibilità idrica e livelli più bassi), dal periodo 2009-2012 relativamente piovoso (maggiore disponibilità idrica e livelli più alti). Il 2008 si colloca come un anno di transizione, anche se (apparentemente) potrebbe essere associato al periodo siccitoso; ma la distribuzione dei valori e soprattutto i dati di pioggia delineano una situazione diversa.

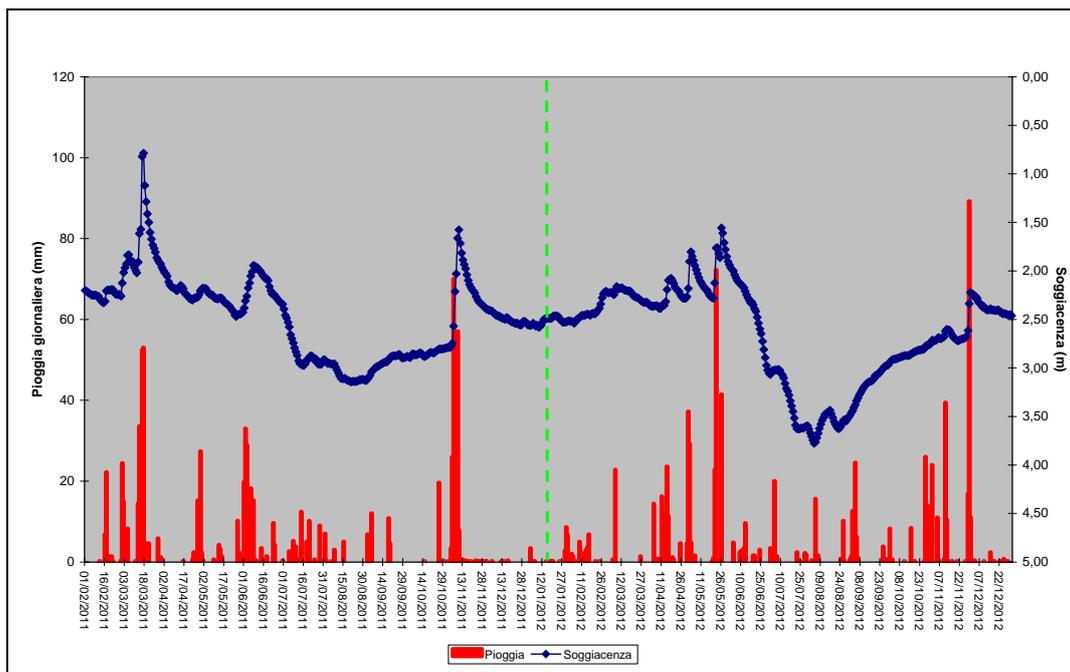


Figura 19. Piogge cumulate giornaliere e soggiacenza media giornaliera 2011-2012

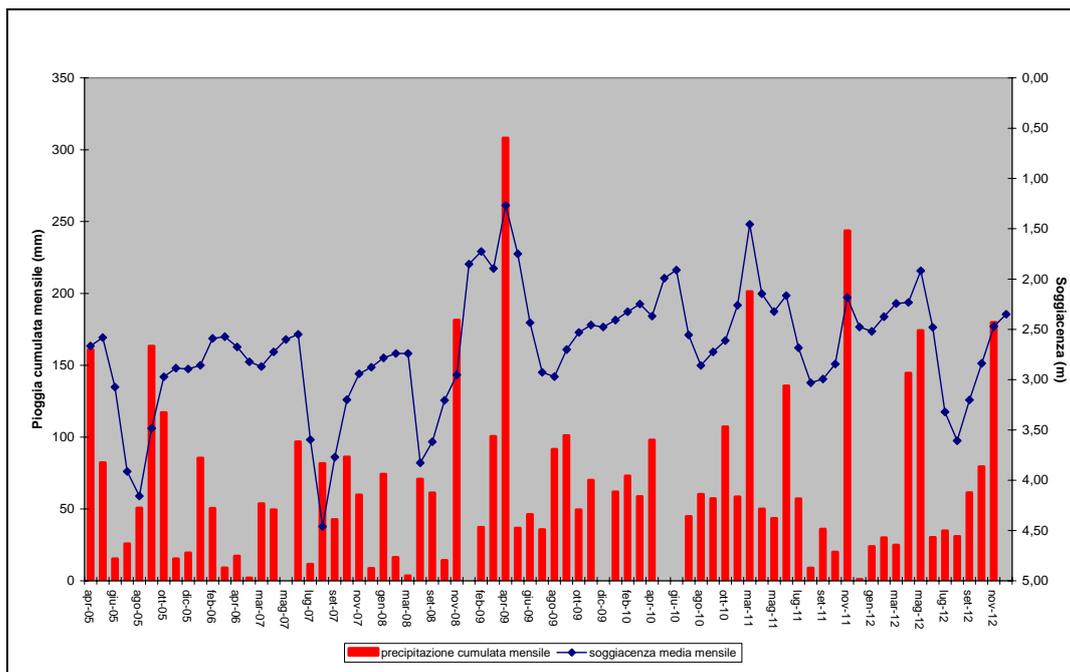


Figura 20. Piogge cumulate mensili e soggiacenza media mensile 2005-2012

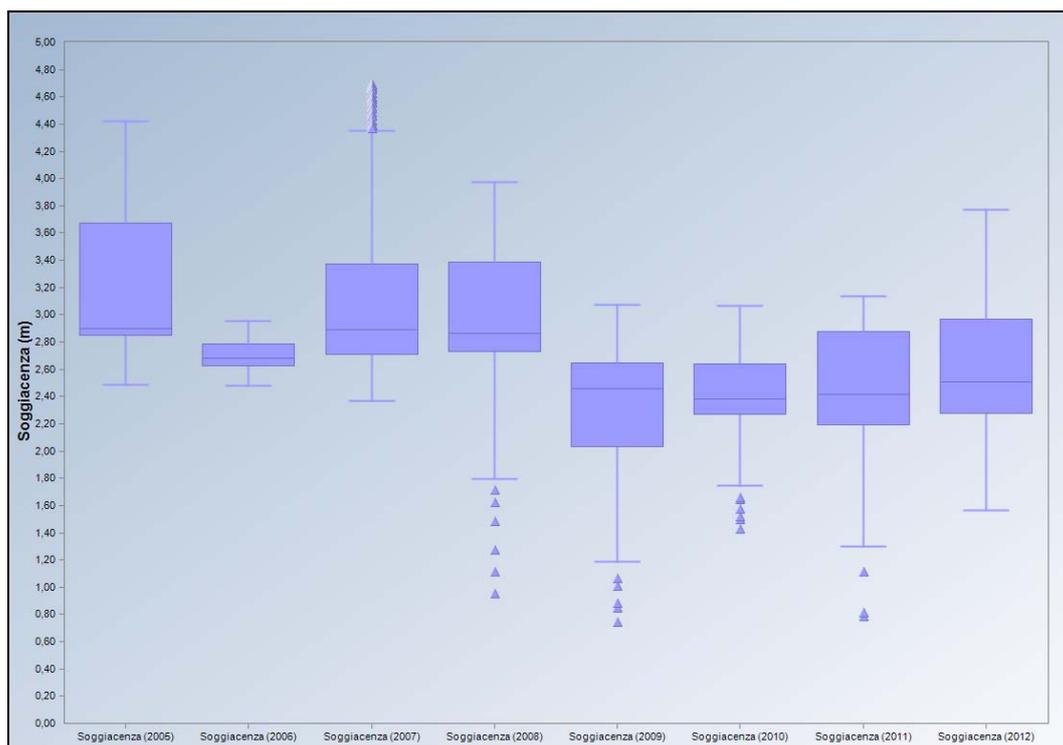


Figura 21. Box-plot soggiacenza media giornaliera 2005-2012

Tabella 10. Dati di sintesi 2005-2012

Virle	N. dati	Min	Max	Media	Mediana	SD	Escursione (m)
soggiacenza (2005)	265	2,48	4,43	3,187	2,9	0,572	1,95
soggiacenza (2006)	120	2,47	2,96	2,712	2,68	0,141	0,49
soggiacenza (2007)	327	2,36	4,69	3,149	2,89	0,619	2,33
soggiacenza (2008)	212	0,96	3,98	3,012	2,865	0,578	3,02
soggiacenza (2009)	365	0,75	3,08	2,325	2,46	0,468	2,33
soggiacenza (2010)	286	1,43	3,07	2,418	2,38	0,294	1,64
soggiacenza (2011)	324	0,79	3,14	2,47	2,415	0,436	2,35
soggiacenza (2012)	366	1,56	3,78	2,646	2,505	0,49	2,22

3.1.7 P16 Carmagnola (00105910001) Vs. Carmagnola

Questo piezometro è abbinato con il pluviometro di Carmagnola, ubicato circa 4 km a NO, ma fuori area idrogeologica e rientra nella classe di soggiacenza “bassa”; infatti, il valore medio per il 2012 si attesta sui 5,4 m con un’escursione di 1,4 m. In questo caso la risposta agli eventi di pioggia appare meno sensibile (rispetto ai piezometri con bassa soggiacenza) e con un decorso più modulato nel tempo. Il massimo di soggiacenza si attesta a 6,6 m in agosto e come già trattato per Virle appare più legato alle estrazioni da pozzi limitrofi, nel pieno della stagione irrigua, piuttosto che ai minori apporti meteorici. La capacità protettiva verso i suoli moderatamente alta contrasta con la capacità d’infiltrazione alta e comunque può complicare il processo di risposta agli eventi meteorici anche in funzione della loro intensità. Infine, le diverse posizioni pluviometro-piezometro rispetto all’area idrogeologica, a dispetto della relativa vicinanza (4 km), può determinare leggere sfasature nella risposta idrogeologica che si ripercuote sulle variazioni del livello di falda.

Il grafico tra piogge cumulate mensili e soggiacenza media mensile, per il periodo 2005-2012 evidenzia un progressivo aumento delle precipitazioni ed un conseguente innalzamento di livello a partire dal 2008 (rispetto al periodo 2005-2007), con l’anno 2012 leggermente in controtendenza.

Anche l’esame dei Box-plot conferma questo scenario, dove i livelli paragonabili del periodo 2005-2007 (minore disponibilità idrica sotterranea), si distaccano da quelli relativamente più bassi afferenti al triennio 2009-2012 (maggiore disponibilità idrica), pur con una lieve propensione verso un aumento degli intervalli di soggiacenza manifestata nel 2012. Come trattato in precedenza, il 2008 risulterebbe come un anno di transizione per la distribuzione della soggiacenza e tendenzialmente “piovoso” dall’esame dei dati di pioggia.

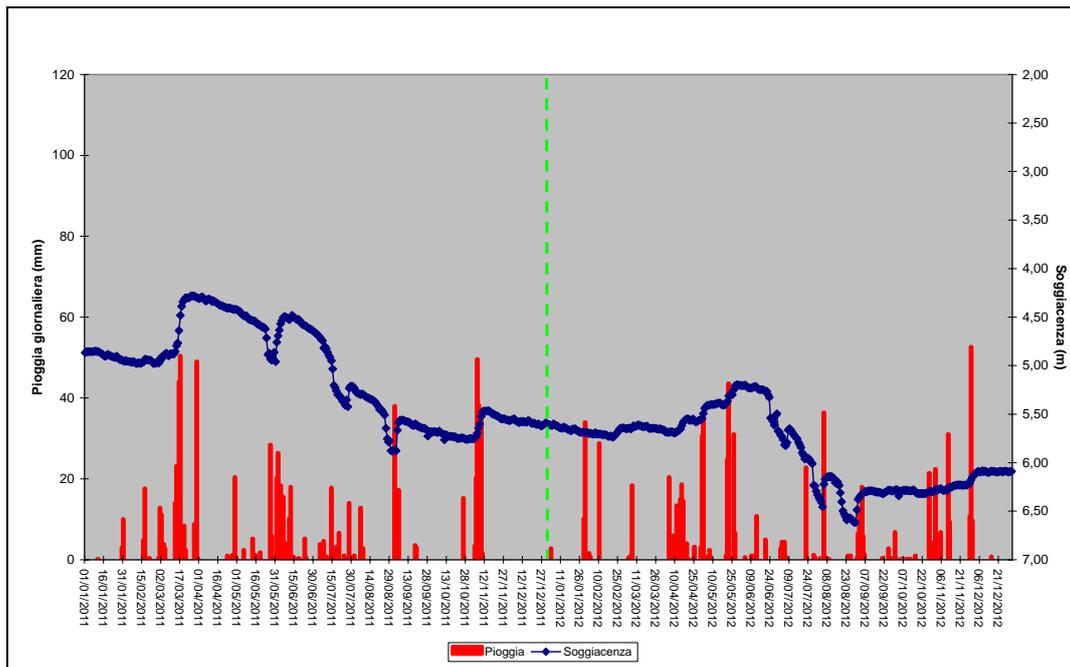


Figura 22. Piogge cumulate giornaliere e soggiacenza media giornaliera 2011-2012

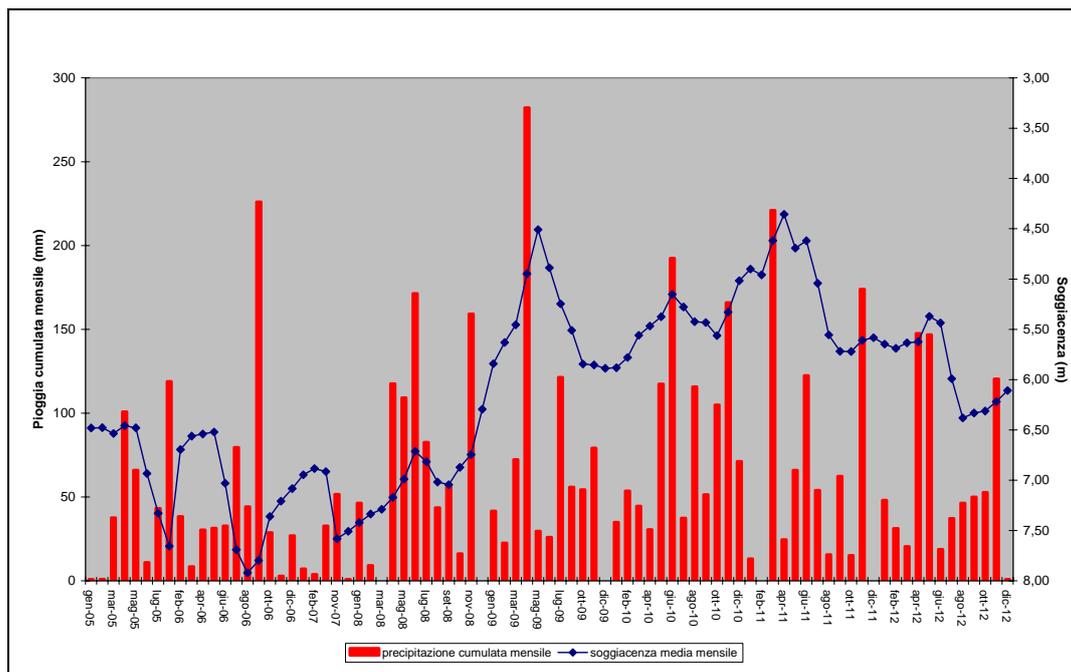


Figura 23. Pioggia cumulate mensili e soggiacenza media mensile 2005-2012

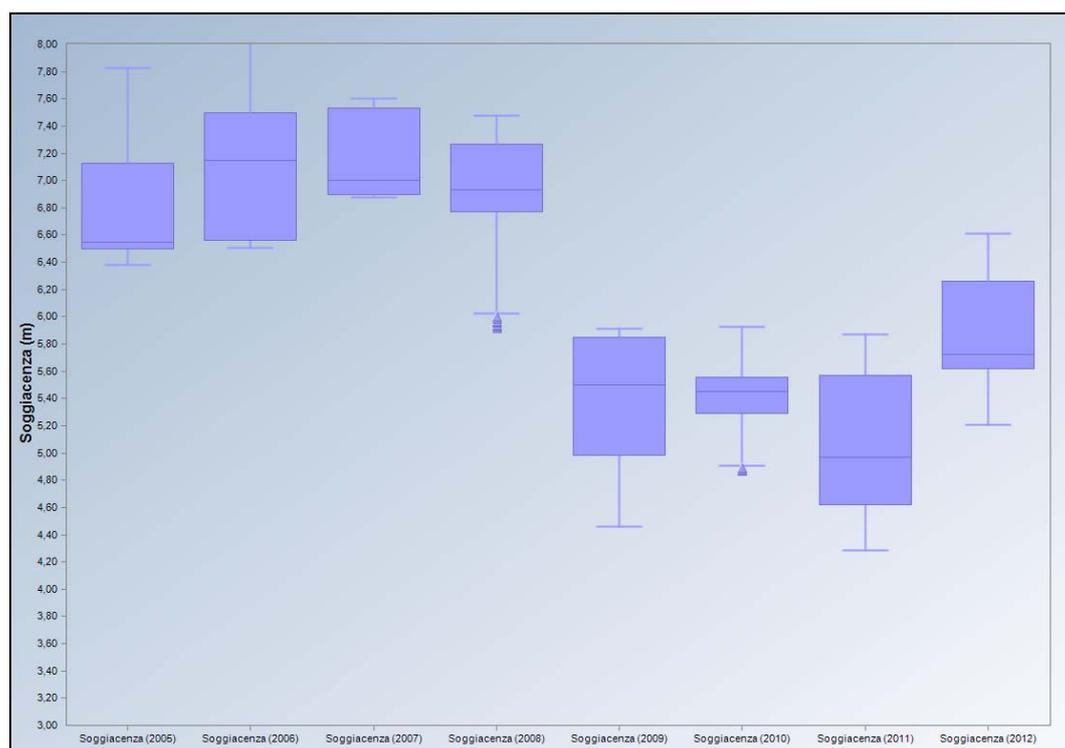


Figura 24. Box-plot soggiacenza media giornaliera 2005-2012

Tabella 11. Dati di sintesi 2005-2012

Carmagnola	N. dati	Min	Max	Media	Mediana	SD	Escursione (m)
soggiacenza (2005)	242	6,37	7,83	6,805	6,55	0,44	1,46
soggiacenza (2006)	327	6,5	8,2	7,134	7,15	0,511	1,7
soggiacenza (2007)	111	6,87	7,61	7,228	7	0,317	0,74
soggiacenza (2008)	365	5,92	7,48	6,961	6,93	0,331	1,56
soggiacenza (2009)	299	4,45	5,92	5,387	5,5	0,49	1,47
soggiacenza (2010)	364	4,87	5,93	5,424	5,45	0,255	1,06
soggiacenza (2011)	365	4,28	5,88	5,085	4,97	0,49	1,6
soggiacenza (2012)	366	5,2	6,62	5,874	5,72	0,375	1,42

3.1.8 P9 Scarnafigi (00421710001) Vs. Villanova Solaro

Il piezometro è accoppiato con il pluviometro di Villanova Solaro, ubicato 5 km a valle idrogeologico; la soggiacenza media della falda nel 2012 è intorno a 6 m, attestandosi nella categoria “moderata”, mentre l’escursione è di 2,4 m. La risposta agli eventi di pioggia, anche se osservabile, appare poco sensibile e modulata nel tempo. Si riscontrano notevoli oscillazioni puntuali del livello piezometrico (tra luglio e settembre) riconducibili a fenomeni d’interferenza per pompaggi da pozzi limitrofi durante la stagione irrigua. Infatti, il massimo di soggiacenza di 7,52 m raggiunto ad agosto è ascrivibile a tali eventualità. La capacità protettiva verso i suoli “moderatamente bassa” e la capacità d’infiltrazione “media” auspicherebbe una risposta del livello più coerente agli eventi meteorici; tuttavia, le interferenze per pompaggi durante la stagione irrigua influenzano notevolmente l’andamento piezometrico nel tempo, complicando anche il processo di riequilibrio della falda.

Il grafico tra piogge cumulate mensili e soggiacenza media mensile, per il periodo 2005-2012, mostra un progressivo aumento delle precipitazioni a partire dalla fine del 2008 e inizio 2009, che produce un innalzamento dei livelli di falda i quali esibiscono comunque un andamento irregolare per le cause citate in precedenza. Al riguardo, i fenomeni d’interferenza si manifestano come un massimo di soggiacenza nei mesi di agosto.

I grafici Box-plot mettono comunque in risalto il periodo 2005-2008 caratterizzato da una minore disponibilità idrica sotterranea (livelli più bassi) rispetto al triennio 2009-2012 con livelli generalmente più elevati. Si osserva altresì una generale dispersione dei dati di soggiacenza (a cui fanno riferimento escursioni notevoli) con presenza di numerosi outliers riconducibili ai fenomeni d’interferenza tra pozzi commentati in precedenza.

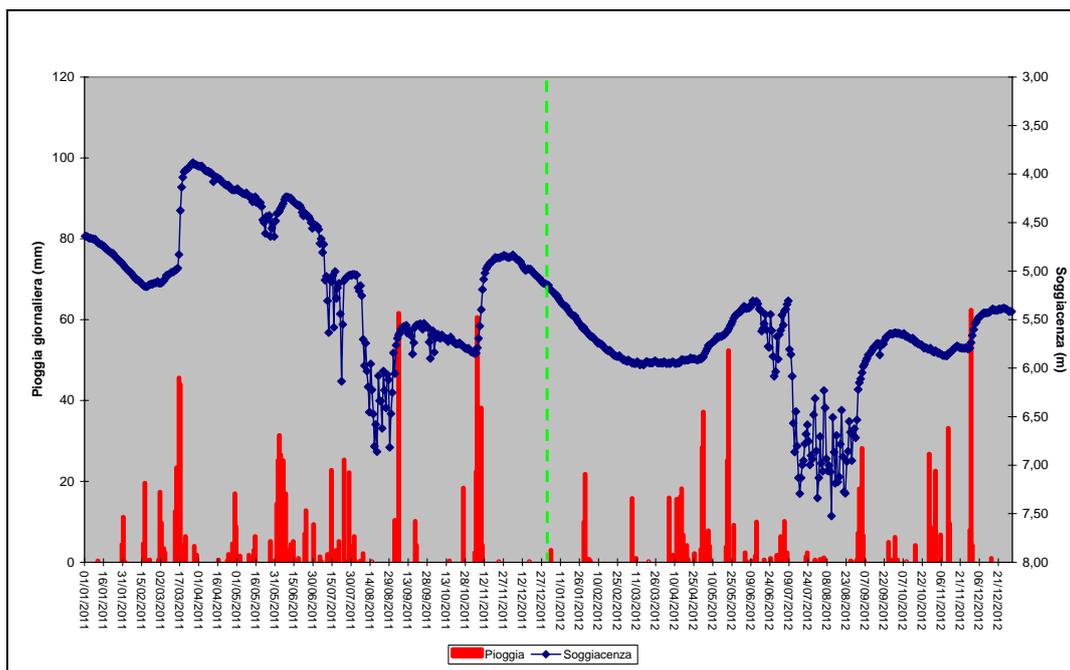


Figura 25. Piogge cumulate giornaliere e soggiacenza media giornaliera 2011-2012

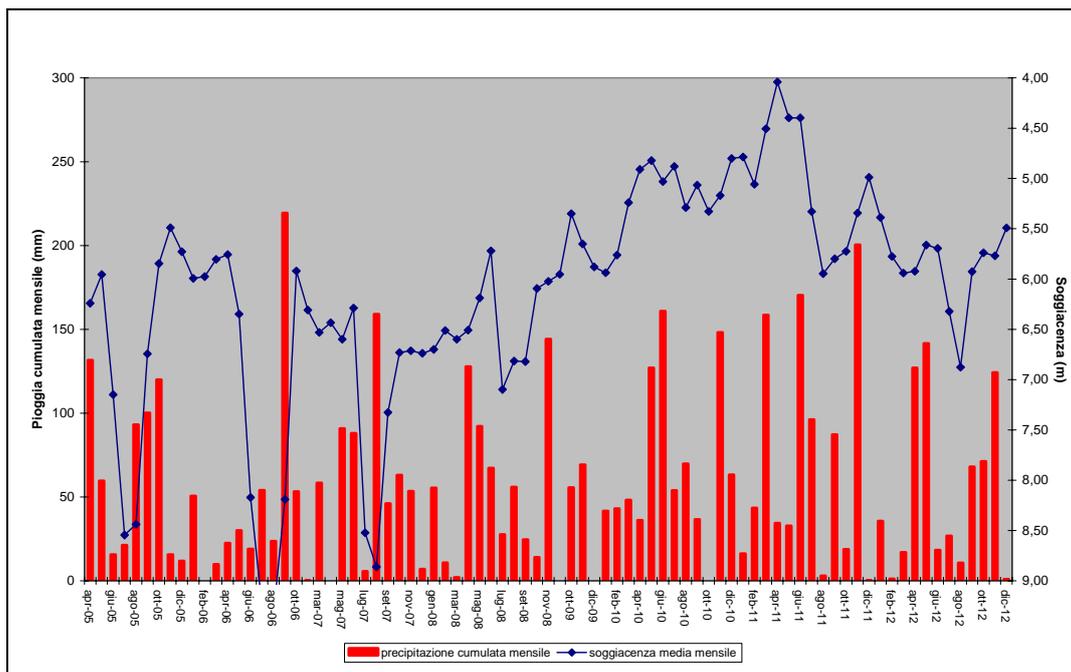


Figura 26. Piogge cumulate mensili e soggiacenza media mensile 2005-2012

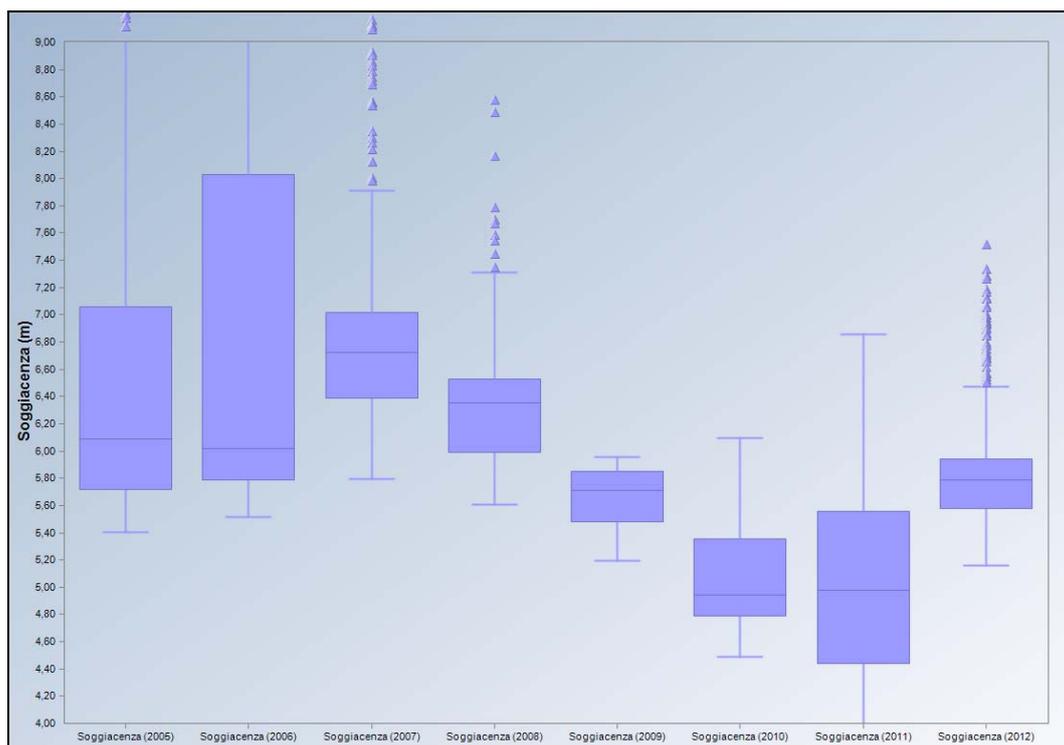


Figura 27. Box-plot soggiacenza media giornaliera 2005-2012

Tabella 12. Dati di sintesi 2005-2012

Scarnafigi	N. dati	Min	Max	Media	Mediana	SD	Escursione (m)
soggiacenza (2005)	265	5,4	9,93	6,547	6,09	1,141	4,53
soggiacenza (2006)	299	5,51	11,45	6,951	6,02	1,513	5,94
soggiacenza (2007)	313	5,79	10,62	6,897	6,72	0,873	4,83
soggiacenza (2008)	342	5,6	8,58	6,325	6,35	0,445	2,98
soggiacenza (2009)	85	5,19	5,96	5,647	5,71	0,235	0,77
soggiacenza (2010)	364	4,48	6,1	5,111	4,94	0,433	1,62
soggiacenza (2011)	365	3,88	6,86	4,978	4,98	0,65	2,98
soggiacenza (2012)	366	5,15	7,52	5,858	5,79	0,463	2,37

3.1.9 P2 Tarantasca (00422510001) Vs. Dronero

Questo piezometro è abbinato con il pluviometro di Dronero, ubicato 1 km a monte idrogeologico e rientra nella classe di soggiacenza “alta”; infatti, il valore medio per il 2012 si attesta sui 24 m con un’escursione di 2,5 m. La reazione del livello agli eventi di pioggia appare leggermente ritardata con un processo di riequilibrio modulato nel tempo. Si riscontra un inflessione del livello piezometrico, tra luglio e settembre, riconducibile (presumibilmente) a estrazioni da pozzi limitrofi nel corso della stagione irrigua; infatti, il massimo di soggiacenza (25,1 m) raggiunto ad agosto potrebbe essere imputabile a tali fenomeni. La capacità protettiva verso i suoli moderatamente bassa e la capacità d’infiltrazione molto alta si contrappongono con una soggiacenza alta che favorisce una risposta ritardata nel tempo con piogge di minore intensità.

Il grafico tra piogge cumulate mensili e soggiacenza media mensile per il periodo 2005-2012 s’interrompe per indisponibilità di misure tra luglio 2008 e ottobre 2009, rivelando comunque una situazione caratterizzata da minori piogge e livelli di falda inferiori nel corso del 2005 – primo semestre 2008 ed un altro scenario con piogge più abbondanti e livelli più elevati corrispondente al periodo settembre 2009 – 2012.

L’analisi dei Box-plot conferma quanto evidenziato in precedenza distinguendo tra il triennio 2005 - 2008 (parziale), caratterizzato da una minore disponibilità idrica sotterranea (livelli più bassi), rispetto al triennio 2009 (parziale) - 2012 con livelli generalmente più elevati.

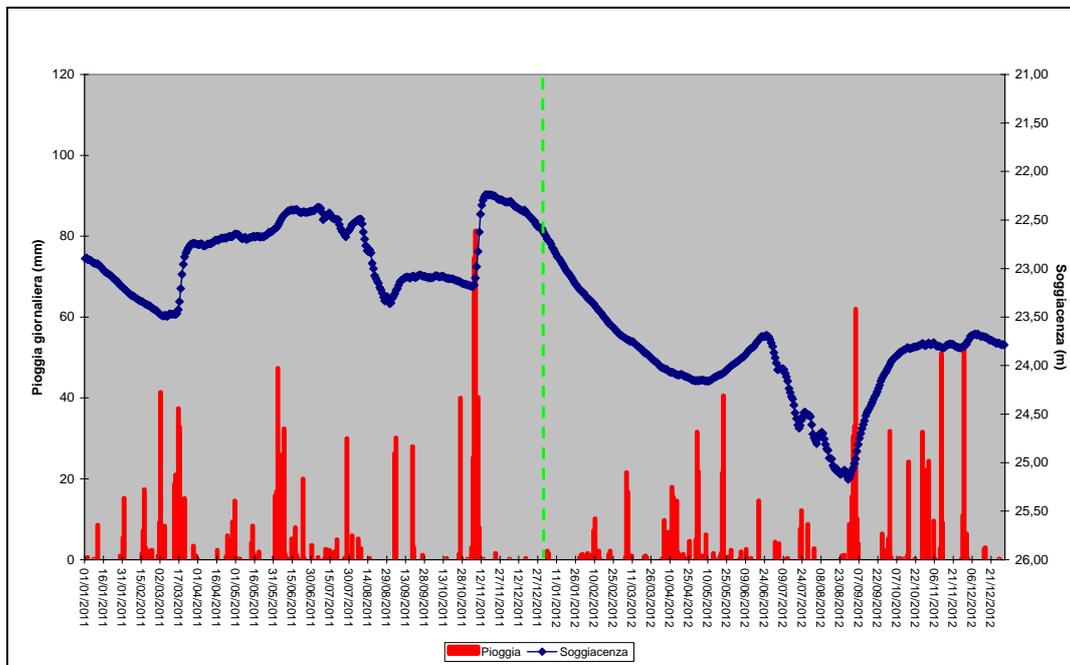


Figura 28. Piogge cumulate giornaliere e soggiacenza media giornaliera 2011-2012

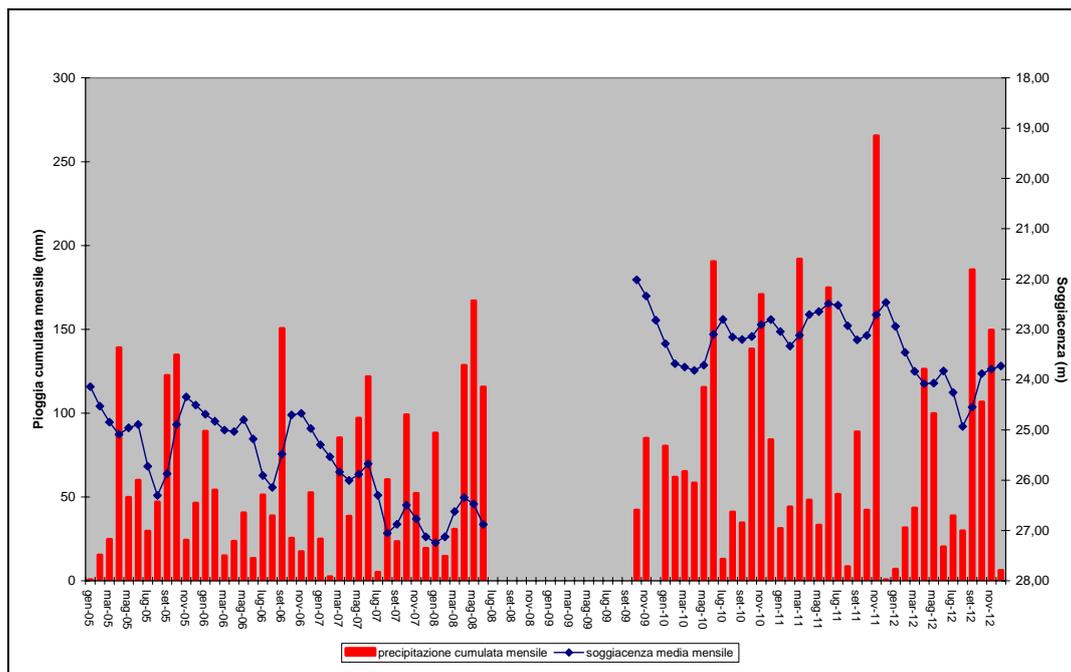


Figura 29. Piogge cumulate mensili e soggiacenza media mensile 2005-2012

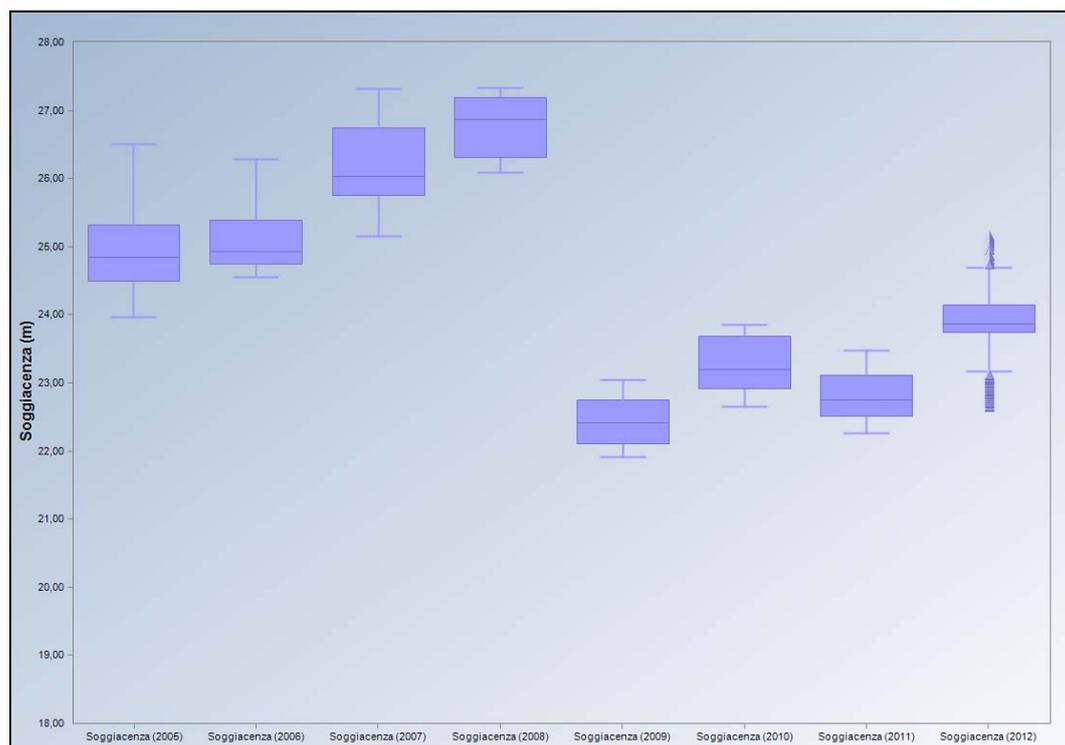


Figura 30. Box-plot soggiacenza media giornaliera 2005-2012

Tabella 13. Dati di sintesi 2005-2012

Tarantasca	N. dati	Min	Max	Media	Mediana	SD	Escursione (m)
soggiacenza (2005)	365	23,95	26,52	25,01	24,85	0,674	2,57
soggiacenza (2006)	365	24,53	26,29	25,12	24,93	0,506	1,76
soggiacenza (2007)	344	25,13	27,33	26,21	26,03	0,608	2,2
soggiacenza (2008)	168	26,07	27,34	26,74	26,87	0,436	1,27
soggiacenza (2009)	84	21,9	23,05	22,42	22,41	0,362	1,15
soggiacenza (2010)	365	22,63	23,87	23,27	23,2	0,385	1,24
soggiacenza (2011)	365	22,24	23,49	22,83	22,75	0,356	1,25
soggiacenza (2012)	366	22,65	25,17	23,95	23,86	0,504	2,52

3.1.10 T2 Morozzo (00414410001) Vs. Morozzo

Questo piezometro è stato collegato con il pluviometro di Morozzo, situato 2 km a monte idrogeologico. Nel 2012 la soggiacenza media si attesta a 3,9 m denotando una classe “bassa” con un’escursione di 1,4 m. Si osserva una risposta del livello di falda alle precipitazioni immediata e con innalzamenti tangibili in particolare nel corso degli eventi più rilevanti (> 50 mm), mentre il massimo di soggiacenza (4,5 m) rilevato a settembre viene raggiunto, anche in questo caso, in corrispondenza di periodi meno piovosi, o per maggiore estrazione di acque sotterranee ai fini irrigui. La capacità protettiva verso i suoli “moderatamente bassa”, la capacità d’infiltrazione “molto alta”, uniti ad una bassa soggiacenza, concorrono a generare una risposta immediata, come innalzamento del livello in relazione alle precipitazioni, e con notevoli scostamenti.

Il grafico tra piogge cumulate mensili e soggiacenza media mensile, per il periodo 2005-2012, mostra un lieve aumento delle precipitazioni (a partire da maggio 2008), che produce un tenue innalzamento dei livelli di falda, un fenomeno che si mantiene in modo evidente fino al 2011; mentre il 2012 mostra una scenario con una lieve controtendenza. Si osserva un effetto stagionale tra giugno e agosto che si manifesta con piccoli innalzamenti di livello sostanzialmente non associati alle precipitazioni. In pratica, una situazione diametralmente opposta a quella rilevata a Scarnafigi, dove le oscillazioni in senso opposto evidenziavano fenomeni d’interferenza per pompaggi da pozzi limitrofi. In questo caso si verificherebbero piccole ricariche dell’acquifero presumibilmente attribuibili all’influenza di un canale irriguo che scorre a pochi metri dal piezometro. I piccoli innalzamenti di soggiacenza potrebbero essere indotti dagli apporti di acqua al canale per eventuali variazioni di flusso e/o livello che potrebbero interferire con il piezometro in questione.

Un elemento a supporto di tale ipotesi sembrerebbe suffragato anche dall’andamento dei Box-plot, in quanto non si rileva una netta separazione tra gli intervalli di livello riconducibili ad anni più o meno siccitosi (come evidenziato nella maggior parte dei piezometri precedenti), mentre risalta sia la dispersione dei valori, sia la presenza di outlayers indirizzati in senso positivo (cioè verso l’innalzamento del livello). Pertanto, sembra che l’influenza del canale possa causare un appiattimento degli andamenti stagionali, in particolare nel corso del periodo estivo con meno piogge, dove dovrebbe invece verificarsi un abbassamento del livello di falda.

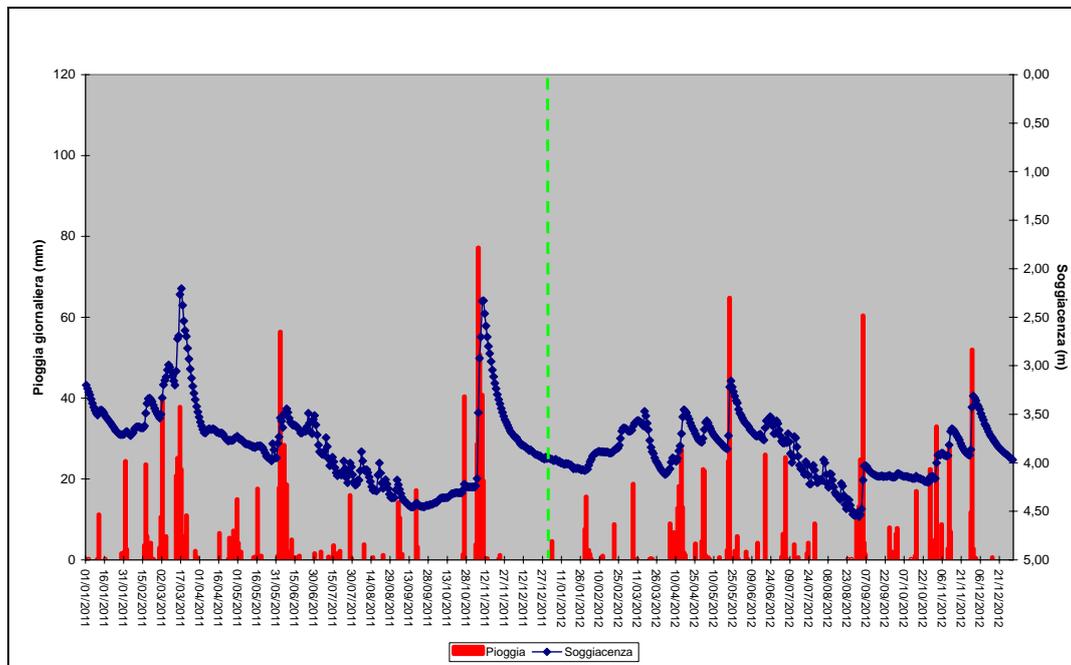


Figura 31. Piogge cumulate giornaliere e soggiacenza media giornaliera 2011-2012

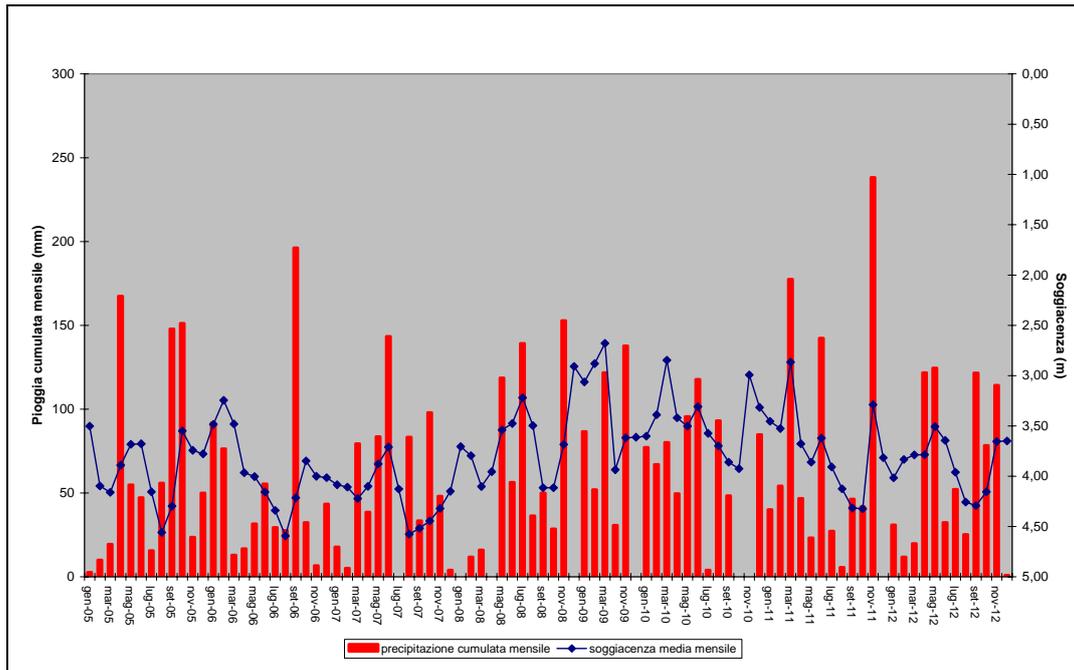


Figura 32. Piogge cumulate mensili e soggiacenza media mensile 2005-2012

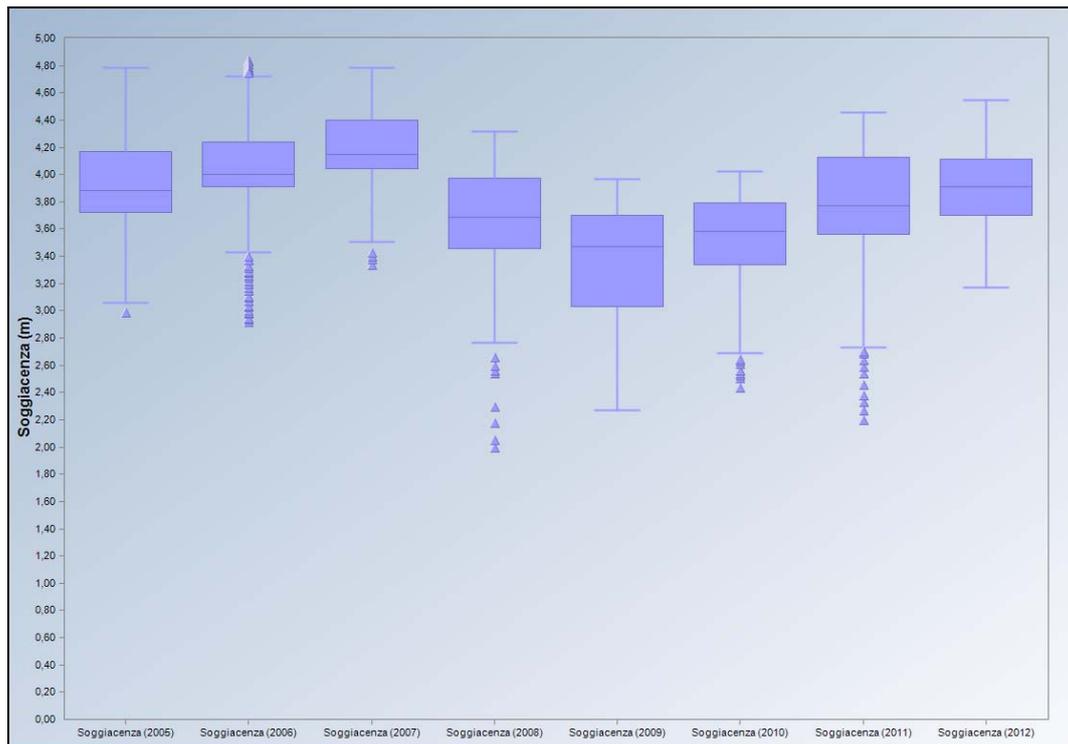


Figura 33. Box-plot soggiacenza media giornaliera 2005-2012

Tabella 14. Dati di sintesi 2005-2012

Morozzo	N. dati	Min	Max	Media	Mediana	SD	Escursione (m)
soggiacenza (2005)	365	2,99	4,79	3,946	3,88	0,377	1,8
soggiacenza (2006)	365	2,92	4,84	4,017	4	0,393	1,92
soggiacenza (2007)	365	3,34	4,79	4,188	4,15	0,275	1,45
soggiacenza (2008)	342	2	4,32	3,687	3,69	0,385	2,32
soggiacenza (2009)	155	2,26	3,97	3,367	3,47	0,441	1,71
soggiacenza (2010)	364	2,44	4,03	3,514	3,58	0,368	1,59
soggiacenza (2011)	365	2,2	4,46	3,777	3,77	0,451	2,26
soggiacenza (2012)	366	3,16	4,55	3,9	3,91	0,262	1,39

3.1.11 T20 Bosco Marengo (00602110001) Vs. Novi Ligure

Il piezometro è accoppiato con il pluviometro di Novi Ligure, situato 7 km a monte idrogeologico; la soggiacenza media della falda nel 2012 è 15 m, attestandosi nella categoria “media”, mentre l'escursione è di 7,7 m. La risposta del livello di falda alle precipitazioni appare poco sensibile, anche in ragione delle piogge poco rilevanti. Il massimo di soggiacenza di 19,6 m viene raggiunto a novembre, a fronte di un periodo alquanto siccitoso che si è protratto tra giugno e settembre. La capacità protettiva verso i suoli “moderatamente bassa”, la capacità d'infiltrazione “media” e una classe di soggiacenza “media” concorrano a definire una risposta livello-precipitazioni meno sensibile, anche in ragione della scarsità degli eventi di pioggia nel 2012.

Il grafico tra piogge cumulate mensili e soggiacenza media mensile, per il periodo 2005-2012, mostra un incremento delle precipitazioni a partire dal 2008 che induce una diminuzione della soggiacenza almeno fino al 2011; mentre nel 2012, caratterizzato da minori precipitazioni (rispetto al periodo 2008-2011), si osserva una marcata inflessione del livello di falda.

L'esame dei Box-plot evidenzia la condizione di minore disponibilità idrica sotterranea (soggiacenza più elevata) per il triennio 2005-2007 e la situazione di maggiore disponibilità idrica (soggiacenza relativamente minore) per il triennio 2009-2011. Gli anni 2008 e 2012, per l'alta dispersione di valori evidenziato, appaiono come anni di transizione tra due periodi diversi: il primo denota un processo di ricarica della falda dopo un periodo siccitoso, il secondo un progressivo impoverimento della falda passando da un periodo più piovoso verso una fase siccitosa.

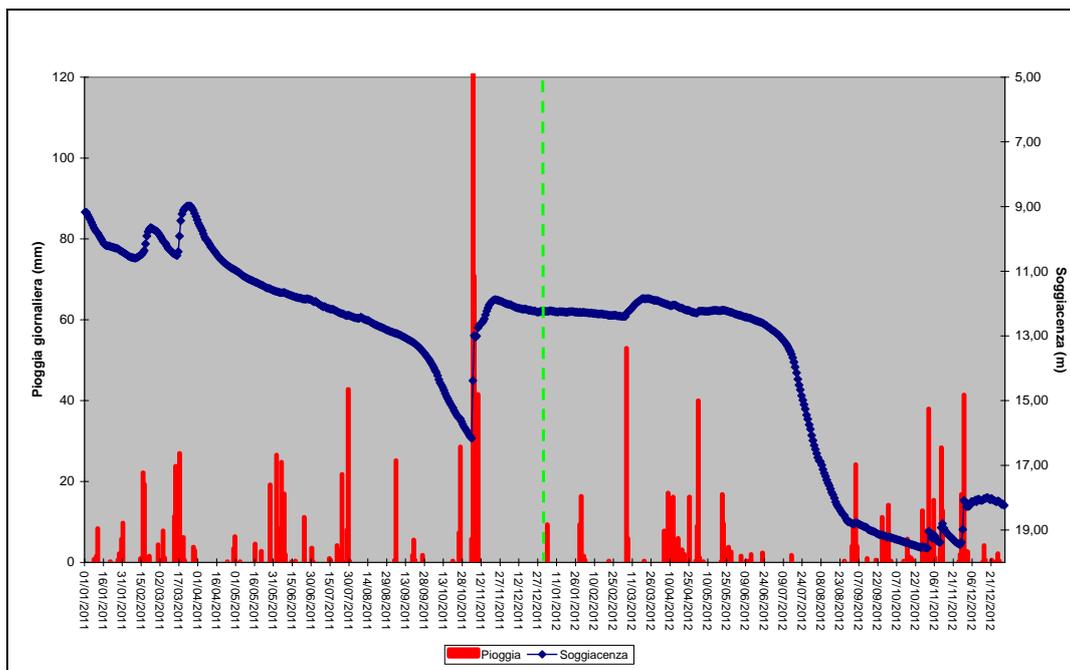


Figura 34. Piogge cumulate giornaliere e soggiacenza media giornaliera 2011-2012

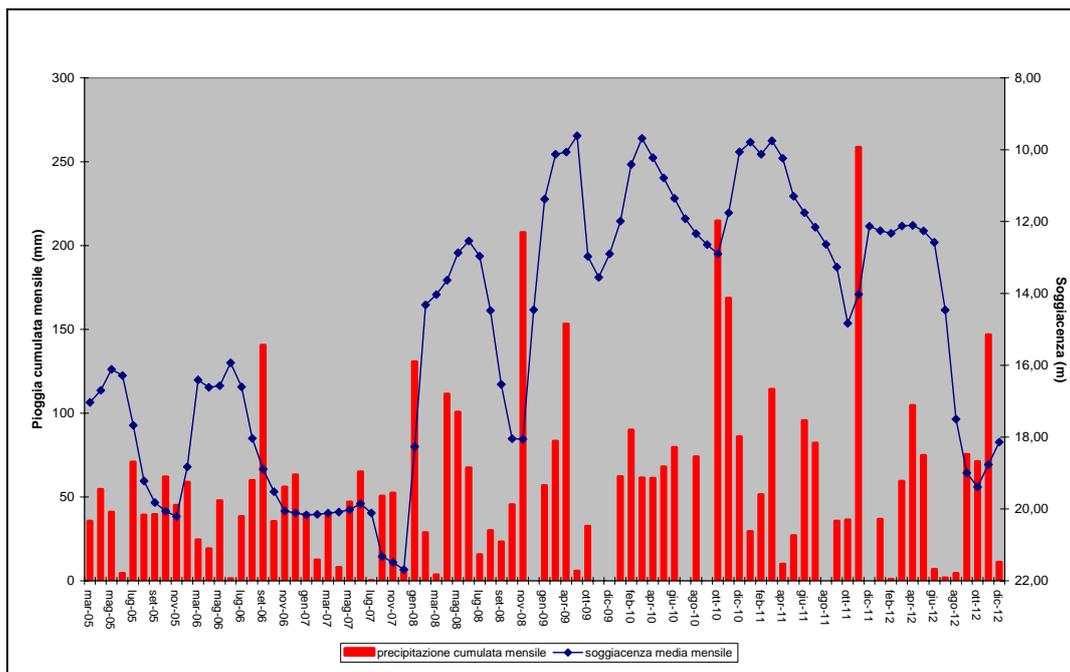


Figura 35. Piogge cumulate mensili e soggiacenza media mensile 2005-2012

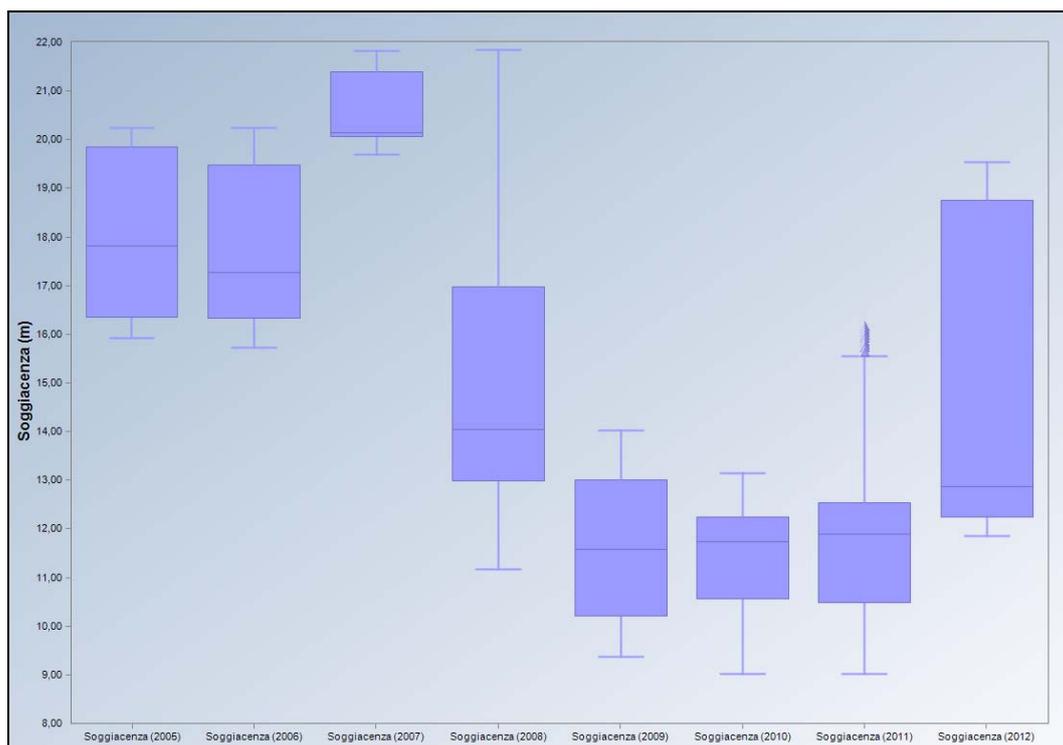


Figura 36. Box-plot soggiacenza media giornaliera 2005-2012

Tabella 15. Dati di sintesi 2005-2012

Boscomarengo	N. dati	Min	Max	Media	Mediana	SD	Escursione (m)
soggiacenza (2005)	226	15,89	20,26	18,05	17,81	1,67	4,37
soggiacenza (2006)	306	15,71	20,25	17,84	17,26	1,62	4,54
soggiacenza (2007)	273	19,68	21,84	20,55	20,14	0,70	2,16
soggiacenza (2008)	366	11,14	21,87	14,98	14,05	2,45	10,73
soggiacenza (2009)	165	9,35	14,04	11,62	11,57	1,42	4,69
soggiacenza (2010)	365	9,00	13,17	11,41	11,73	1,05	4,17
soggiacenza (2011)	365	8,99	16,17	11,78	11,89	1,56	7,18
soggiacenza (2012)	366	11,84	19,56	15,09	12,87	3,14	7,72

3.1.12 T11 Pontecurone (00613210001) Vs. Isola S. Antonio

Questo piezometro è abbinato con il pluviometro di Isola S. Antonio, ubicato circa 8 km a NO, fuori area idrogeologica, e rientra nella classe di soggiacenza “media”; infatti, il valore medio per il 2012 si attesta su 16,7 m con un’escursione di 4,6 m. Si osserva una risposta del livello di falda alle precipitazioni poco sensibile e ritardata rispetto agli eventi più significativi. Il massimo di soggiacenza (19 m) registrato a novembre non è chiaramente correlabile con minori precipitazioni e/o possibili estrazioni di acque sotterranee durante la stagione irrigua a causa del ritardo nella risposta, un fenomeno indotto anche dalle piogge poco rilevanti. La capacità protettiva verso i suoli “moderatamente alta”, la capacità d’infiltrazione “media”, la soggiacenza “media” uniti agli eventi di pioggia nel complesso irrilevanti, concorrono a definire una risposta del livello poco sensibile.

Il grafico tra piogge cumulate mensili e soggiacenza media mensile, per il periodo 2005-2012, mostra un incremento delle precipitazioni a partire dalla fine 2008 inizi 2009, che si riflette con un innalzamento dei livelli di falda a partire dal 2009, protraendosi fino al 2011. Nel 2012 (come già osservato in casi precedenti), inizia un processo di controtendenza sia per le piogge che per l’escursione del livello. Nell’arco di tutto il periodo considerato (2005-2012) si osserva un andamento stagionale della soggiacenza con massimi nel mese di aprile e minimi in quello di ottobre.

L’esame dei Box-plot evidenzia la condizione di minore disponibilità idrica sotterranea (soggiacenza più elevata) per il periodo 2005-2008 e la situazione di maggiore disponibilità idrica (soggiacenza relativamente minore) per il triennio 2009-2012.

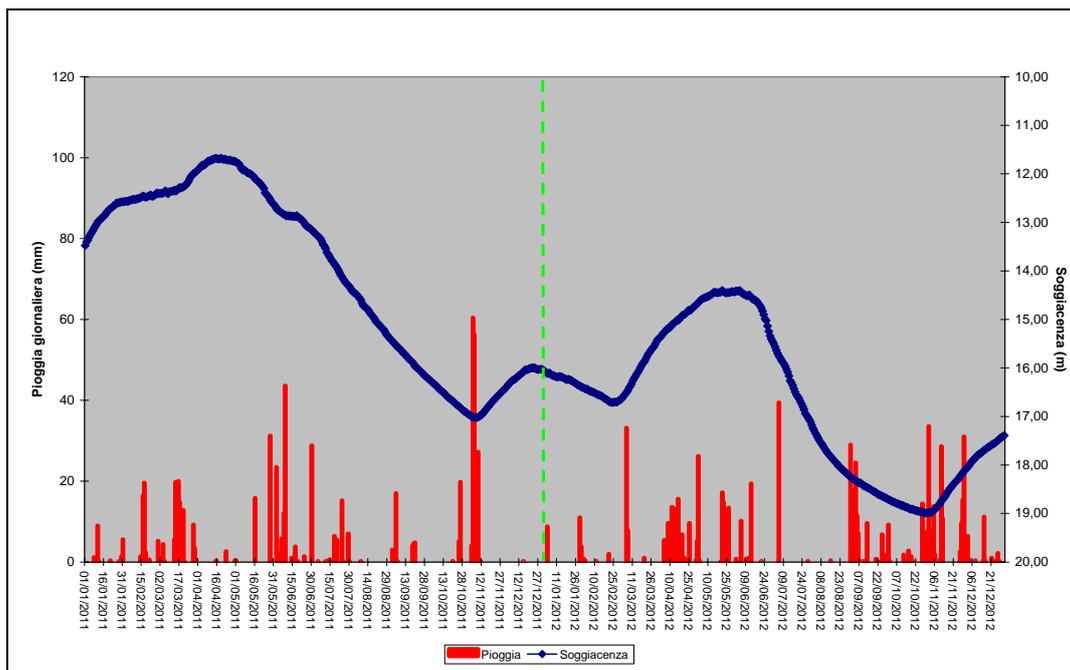


Figura 37. Piogge cumulate giornaliere e soggiacenza media giornaliera 2011-2012

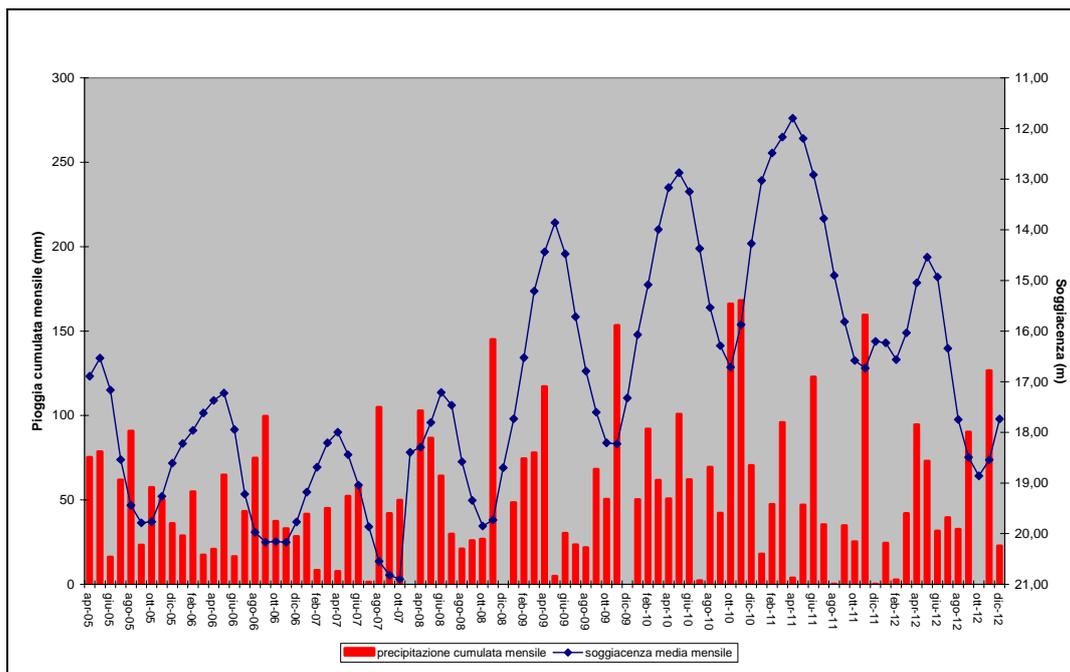


Figura 38. Piogge cumulate mensili e soggiacenza media mensile 2005-2012

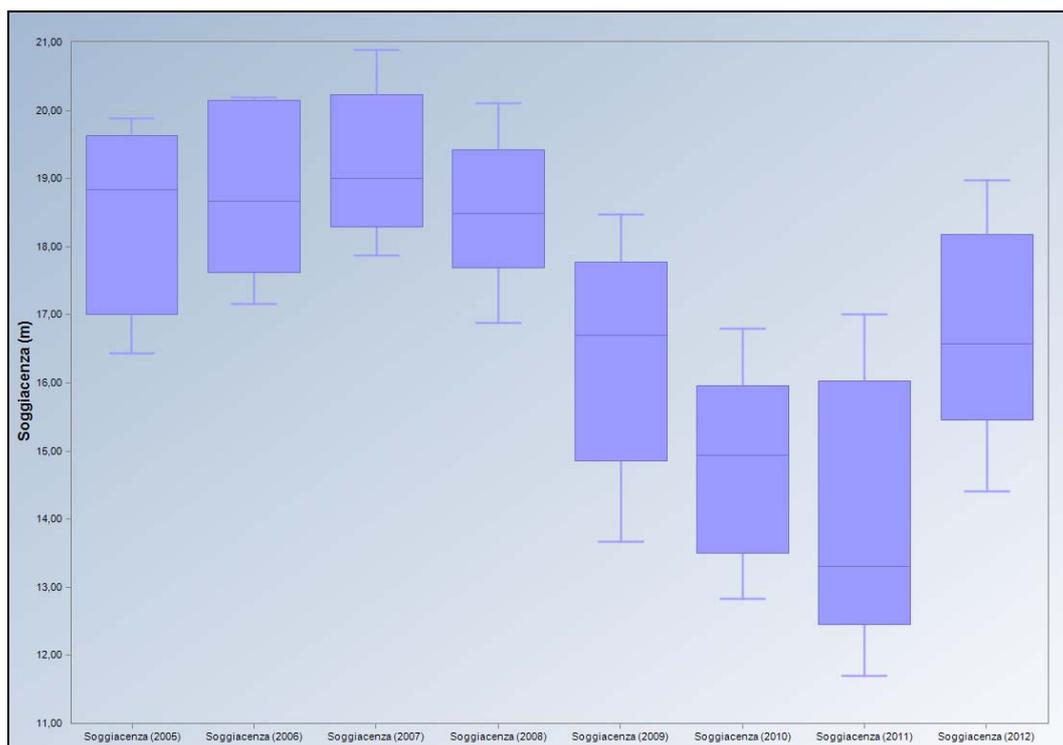


Figura 39. Box-plot soggiacenza media giornaliera 2005-2012

Tabella 16. Dati di sintesi 2005-2012

Pontecurone	N. dati	Min	Max	Media	Mediana	SD	Escursione (m)
soggiacenza (2005)	269	16,42	19,89	18,47	18,83	1,252	3,47
soggiacenza (2006)	365	17,15	20,2	18,83	18,67	1,18	3,05
soggiacenza (2007)	274	17,86	20,9	19,19	19	0,993	3,04
soggiacenza (2008)	280	16,87	20,12	18,56	18,49	0,963	3,25
soggiacenza (2009)	365	13,65	18,48	16,34	16,7	1,555	4,83
soggiacenza (2010)	364	12,81	16,81	14,79	14,95	1,321	4
soggiacenza (2011)	365	11,68	17,02	14,05	13,31	1,828	5,34
soggiacenza (2012)	366	14,4	18,99	16,74	16,58	1,499	4,59

3.1.13 T23 Alessandria (00600310001) Vs. Alessandria Lobbi

Il piezometro è collegato con il pluviometro di Alessandria Lobbi situato circa 10 km a est, fuori area idrogeologica, e rientra nella classe di soggiacenza “bassa”; infatti, il valore medio per il 2012 si attesta sui 3,3 m con un’escursione di 1,4 m. Si osserva una risposta del livello di falda alle precipitazioni sostanzialmente coerente, anche se con dislocazioni variabili per eventi d’intensità paragonabile, mentre il massimo di soggiacenza (3,8 m), rilevato a febbraio, viene raggiunto dopo un periodo con scarsità/assenza di piogge. La capacità protettiva verso i suoli “alta” e la capacità d’infiltrazione “bassa” concorrono a definire uno scenario di risposta idrogeologica dove risulta determinante la tipologia dell’evento piovoso (impulsivo e/o prolungato nel tempo); oltre (possibilmente) anche l’ubicazione del pluviometro fuori area idrogeologica.

Il grafico tra piogge cumulate mensili e soggiacenza media mensile, per il periodo 2005-2012, evidenzia un aumento delle precipitazioni (ed un conseguente innalzamento di livello) a partire dalla fine del 2008 (rispetto al triennio 2005-2007), mantenendosi inalterati fino al 2012 dove si osserva una leggera controtendenza. Nel corso del periodo relativamente piovoso (2009-2012) si osserva un andamento stagionale della soggiacenza con massimi nel mese di aprile e minimi in quello di ottobre.

L’esame dei Box-plot evidenzia la condizione di minore disponibilità idrica sotterranea (soggiacenza più elevata) per il periodo 2005-2008 e la situazione di maggiore disponibilità idrica (soggiacenza relativamente minore) per il triennio 2009-2012, anche se per il 2012 s’intravede l’inizio di un cambio di tendenza. L’analisi dei Box-plot pone in risalto anche un fenomeno di “ritardo” della risposta piezometrica rispetto alle precipitazioni.

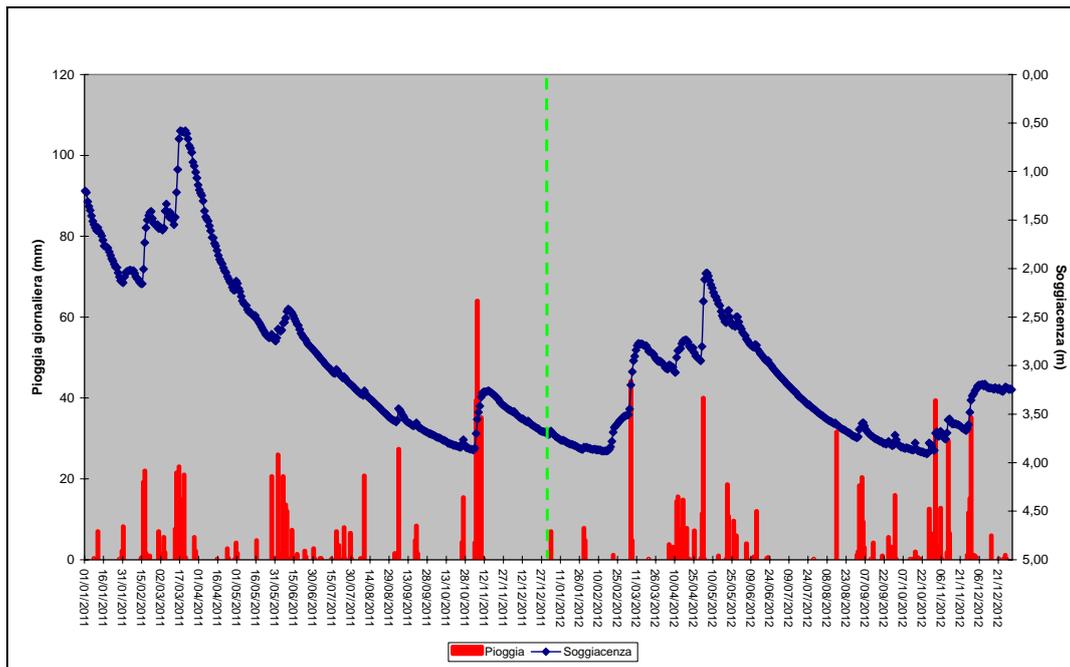


Figura 40. Piogge cumulate giornaliere e soggiacenza media giornaliera 2011-2012

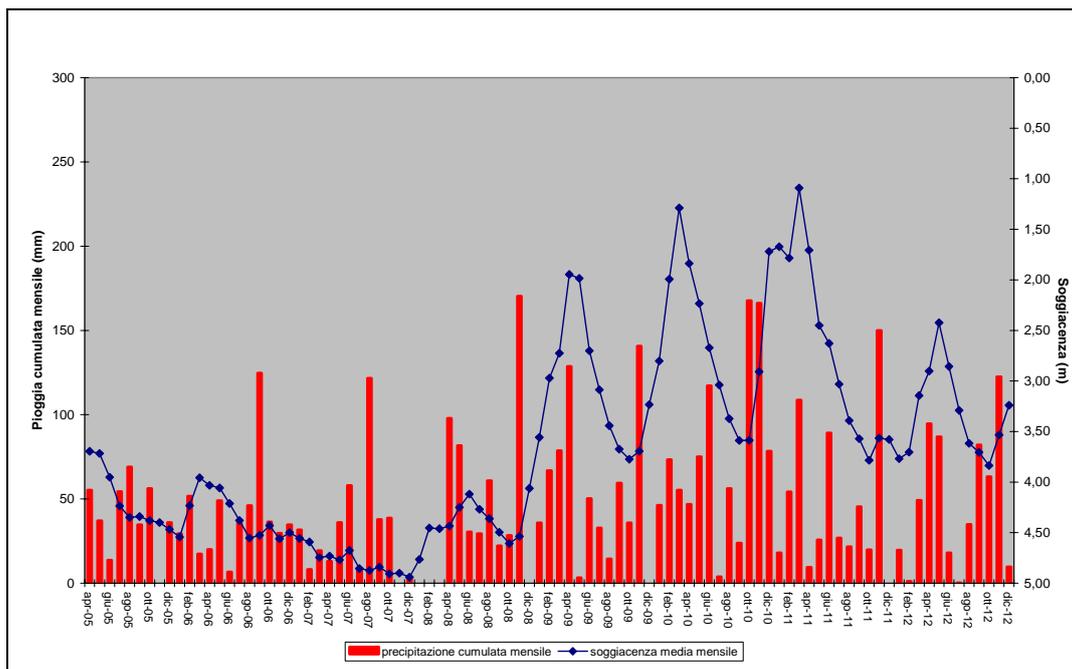


Figura 41. Piogge cumulate mensili e soggiacenza media mensile 2005-2012

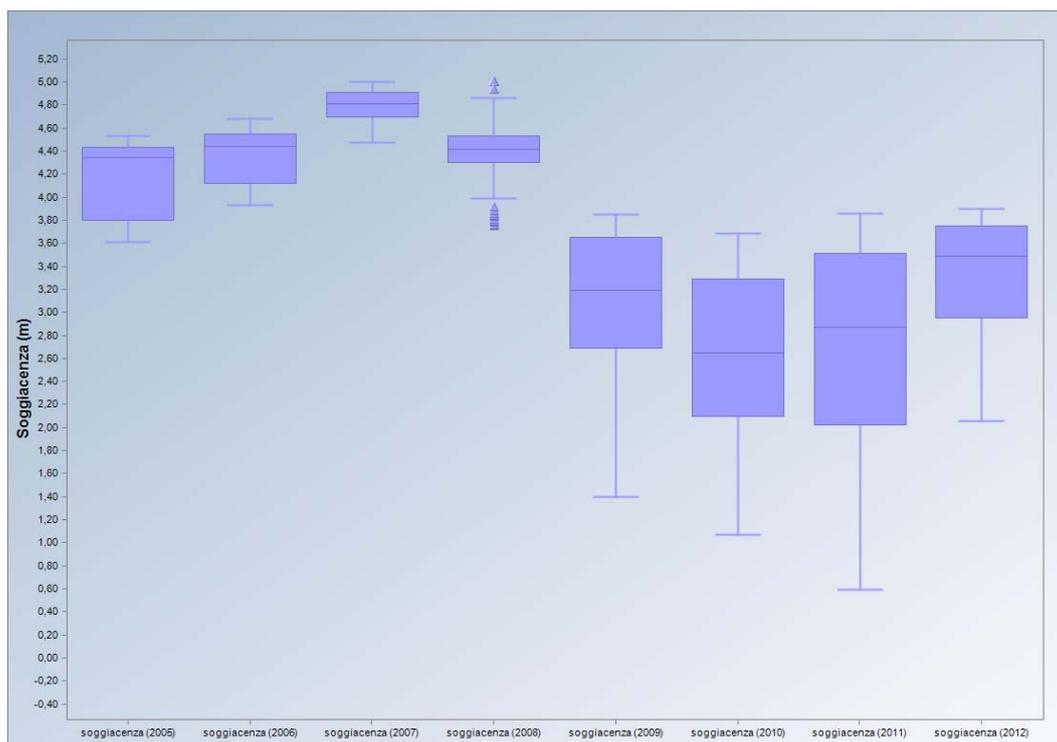


Figura 42. Box-plot soggiacenza media giornaliera 2005-2012

Tabella 17. Dati di sintesi 2005-2012

Alessandria	N. dati	Min	Max	Media	Mediana	SD	Escursione (m)
soggiacenza (2005)	269	3,7	4,47	4,172	4,34	0,301	0,77
soggiacenza (2006)	365	3,96	4,56	4,332	4,405	0,224	0,6
soggiacenza (2007)	365	4,56	4,94	4,783	4,805	0,125	0,38
soggiacenza (2008)	361	4,06	4,77	4,403	4,45	0,203	0,71
soggiacenza (2009)	365	1,95	3,77	3,067	3,16	0,628	1,82
soggiacenza (2010)	364	1,29	3,59	2,587	2,735	0,766	2,3
soggiacenza (2011)	365	1,09	3,79	2,688	2,83	0,935	2,7
soggiacenza (2012)	366	2,43	3,84	3,338	3,41	0,439	1,41

3.1.14 P44 Strambino (00126910001) Vs. Piverone

Questo piezometro è collegato con il pluviometro di Piverone ubicato circa 12 km a NE e rientra nella classe di soggiacenza “moderata”; infatti, il valore medio per il 2012 si attesta su 8,1 m con un’escursione di 0,7 m. Si osserva una risposta del livello di falda alle precipitazioni poco sensibile, mentre le dislocazioni apprezzabili si riscontrano esclusivamente in occasione degli eventi più rilevanti. Il massimo di soggiacenza di 8,5 m viene raggiunto a novembre, a fronte di un periodo meno piovoso che si è protratto a partire da giugno, nel corso del quale si sono comunque registrati eventi di minore intensità. La capacità protettiva verso i suoli “moderatamente bassa” e la capacità d’infiltrazione “media” deporrebbe a favore di una risposta più immediata come innalzamento del livello rispetto alle precipitazioni e con maggiori scostamenti anche in relazione all’intensità degli eventi. Pertanto, la situazione riscontrata potrebbe indicare un regime di piogge non caratteristico del bacino idrogeologico dove risiede il piezometro; oppure, la presenza di disomogeneità stratigrafiche/idrogeologiche nella sua area d’influenza.

Il grafico tra piogge cumulate mensili e soggiacenza media mensile, per il periodo 2005-2012, evidenzia un aumento delle precipitazioni (ed un conseguente innalzamento di livello) a partire dalla fine del 2008 (rispetto al triennio 2005-2007), mantenendosi sostanzialmente inalterato fino al 2012.

L’esame dei Box-plot evidenzia la condizione di minore disponibilità idrica sotterranea (soggiacenza più elevata) per il periodo 2005-2008 e la situazione di maggiore disponibilità idrica (soggiacenza relativamente minore) per il triennio 2009-2012, anche se per il 2012 s’intravede l’inflessione di un possibile cambio di tendenza.

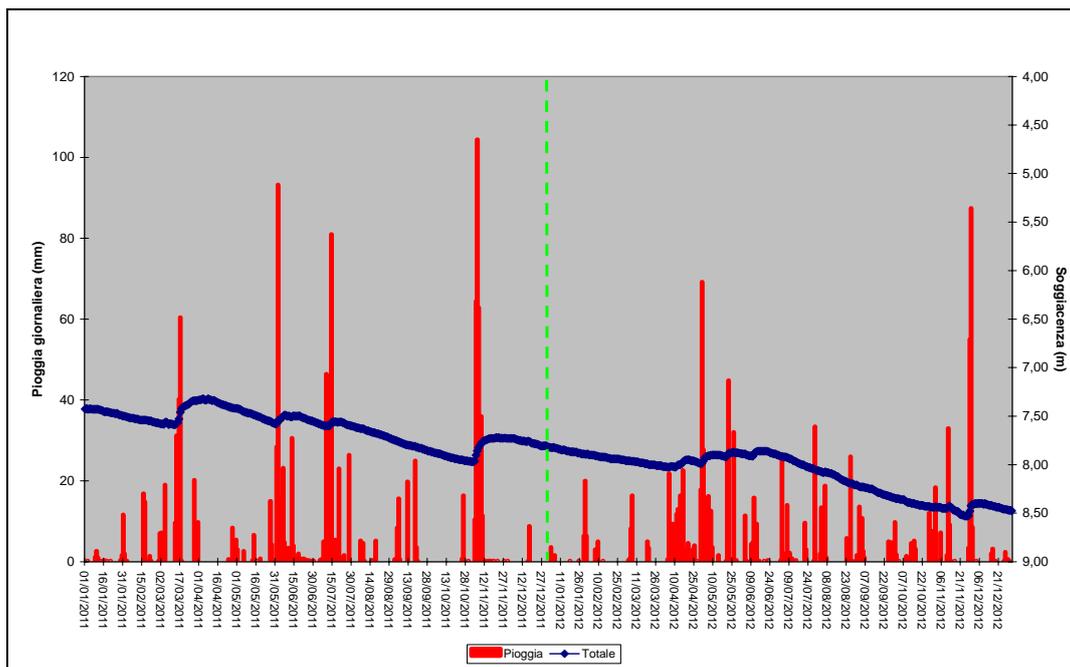


Figura 43. Piogge cumulate giornaliere e soggiacenza media giornaliera 2011-2012

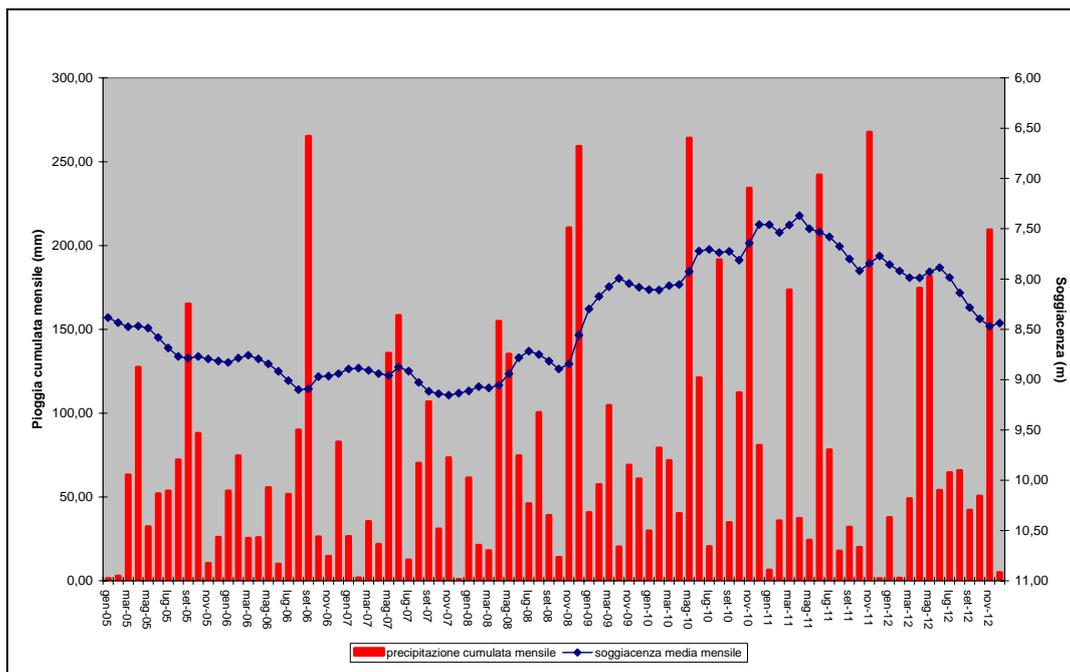


Figura 44. Piogge cumulate mensili e soggiacenza media mensile 2005-2012

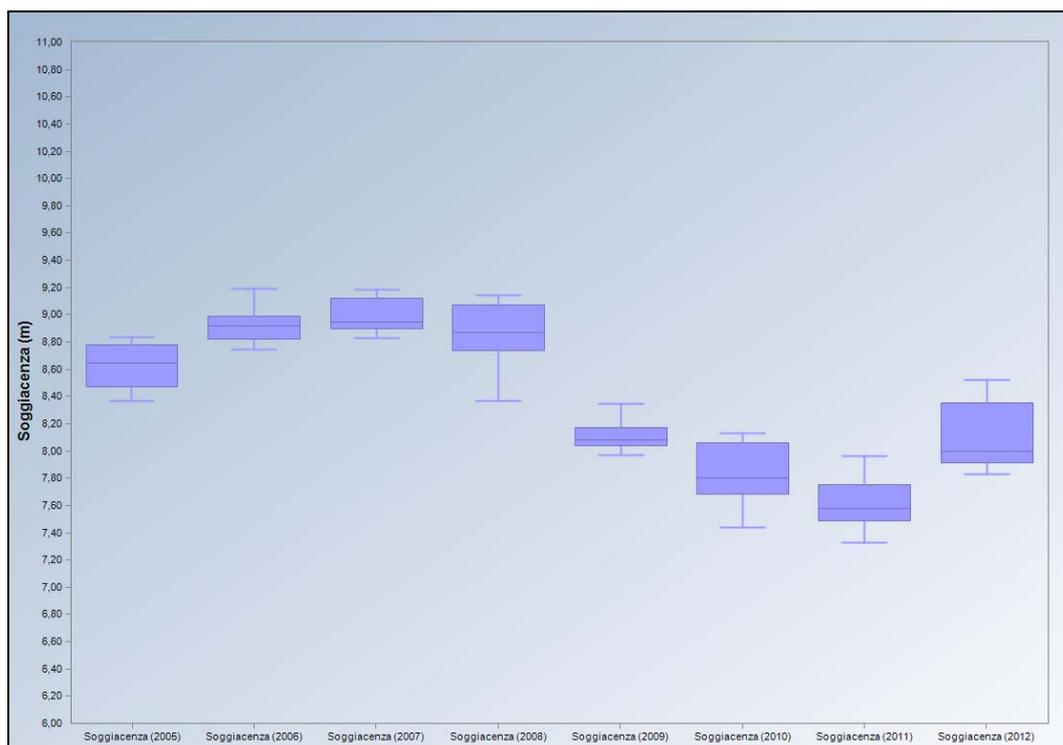


Figura 45. Box-plot soggiacenza media giornaliera 2005-2012

Tabella 18. Dati di sintesi 2005-2012

Strambino	N. dati	Min	Max	Media	Mediana	SD	Escursione (m)
soggiacenza (2005)	365	8,36	8,84	8,624	8,65	0,157	0,48
soggiacenza (2006)	365	8,74	9,2	8,921	8,92	0,119	0,46
soggiacenza (2007)	365	8,82	9,19	8,998	8,95	0,114	0,37
soggiacenza (2008)	366	8,36	9,15	8,883	8,87	0,175	0,79
soggiacenza (2009)	163	7,96	8,35	8,112	8,08	0,1	0,39
soggiacenza (2010)	365	7,43	8,14	7,834	7,8	0,208	0,71
soggiacenza (2011)	365	7,32	7,97	7,616	7,58	0,171	0,65
soggiacenza (2012)	366	7,82	8,53	8,103	8	0,223	0,71

3.2 Valutazioni dell'andamento dei livelli di falda

Dai risultati del paragrafo precedente risaltano alcuni aspetti che richiedono alcune considerazioni: il confronto su base giornaliera tra il livello piezometrico (soggiacenza) e le precipitazioni, ha evidenziato una relazione tra le due variabili, pur con diverse modulazioni del fenomeno. Infatti, si passa da una risposta pressoché immediata, tra il verificarsi degli eventi piovosi e l'innalzamento della falda, ad un riscontro più ritardato nel tempo con variazioni di minore "intensità": con questo termine s'intende la dislocazione (intensità dello scostamento) del livello di falda dopo l'evento piovoso, che può essere appena accennata oppure tangibile.

Analogamente, in occasione di periodi con precipitazioni scarse o assenti, si è osservato in generale un decremento del livello piezometrico e una conseguente diminuzione dell'escursione (differenza tra il livello massimo e minimo). Si è altresì rilevato come la maggiore o minore intensità di risposta dipenda da vari fattori: innanzi tutto la minore o maggiore distanza della superficie piezometrica dal piano campagna e, secondariamente, le caratteristiche peculiari del suolo e del livello insaturo nella zona sottesa dal piezometro. Risulta quindi evidente come i massimi di soggiacenza siano generalmente associati a periodi con precipitazioni scarse e/o assenti, mentre i minimi corrispondano agli eventi/mesi con piogge più abbondanti/frequenti. Una deduzione analoga traspare anche dall'esame delle piogge cumulate mensili correlate con la soggiacenza media mensile nel periodo 2005-2012, che ha messo in risalto degli anni relativamente più siccitosi, o piovosi, caratterizzati dall'associazione livello di falda-millimetri di pioggia tendenzialmente più bassi o più alti. Questo tipo di rappresentazione ha evidenziato altresì gli andamenti stagionali: sia quelli naturali (regime delle precipitazioni), che quelli antropici (emungimento delle acque di falda durante il periodo irriguo).

I parametri statistici di base e i Box-plot ottenuti dall'elaborazione dei dati giornalieri di soggiacenza su base annua per il periodo 2005-2012 hanno consentito di confrontare i vari anni per attribuirgli una connotazione relativa, tenendo conto della distribuzione dei dati, dell'escursione della falda e degli intervalli/valori di soggiacenza caratteristici, individuando situazioni con maggiore o minore "disponibilità idrica sotterranea". Tali deduzioni dovranno comunque essere approfondite tenendo conto del regime delle piogge (alternanza tra periodi piovosi e siccitosi) e delle caratteristiche di quest'ultime (ad esempio differenziando tra eventi impulsivi e diffusi a parità dei millimetri caduti).

Le elaborazioni effettuate hanno permesso comunque di riconoscere un periodo relativamente più siccitoso, caratterizzato da minori precipitazioni e soggiacenze più elevate riferibile agli anni 2005-2007, e un periodo contraddistinto da maggiori precipitazioni e soggiacenze inferiori attribuibile al triennio 2009-2011. In particolare, per molte delle situazioni esaminate, il 2007 sembrerebbe l'anno in assoluto più siccitoso, mentre gli anni 2008 e 2012 sembrerebbero associati a situazioni intermedie o di transizione, rispettivamente, tra un periodo siccitoso e uno piovoso e viceversa.

Sulla base del modello concettuale proposto, per valutare un eventuale deficit (o surplus) idrico sotterraneo all'interno dei settori di acquifero superficiale sottesi dai piezometri selezionati, (tenendo conto della correlazione riscontrata tra piogge e livelli falda), si prevede di considerare lo scostamento e la distribuzione dei dati di soggiacenza rispetto a un anno tipico.

Non avendo a disposizione serie storiche di soggiacenza sufficientemente prolungate, l'approccio proposto prevede di individuare valori e andamento tipici per la soggiacenza individuando nel periodo 2005-2012 l'anno con piovosità cumulata annuale paragonabile a quella tipica storica, basata sui dati pluviometrici del trentennio 1960-1990.

Questo valore/andamento andrà confrontato con i dati annuali da valutare (es. anno 2013 verso valore tipico). I valori/andamento tipico di soggiacenza potrà essere confermato solamente quando saranno disponibili serie di dati più lunghe.

Allo stato attuale non sono state completate le elaborazioni per derivare la piovosità tipica per ogni pluviometro (o area idrogeologica) considerato; questi dati saranno invece disponibili per il prossimo rapporto.

3.2.1 Deficit/surplus - Applicazione sperimentale

A titolo di esempio, si propone una prima valutazione dello scostamento dal valore di soggiacenza media annua tipica per il piezometro di Alessandria. Al riguardo, non avendo a disposizione i dati

di pioggia cumulata annua tipica calcolati sul pluviometro di Alessandria Lobbi sono stati utilizzati quelli disponibili nel rapporto sull'idrologia a livello di bacino idrografico (Asta Tanaro) in cui è ubicato il piezometro.

Per questo piezometro/pluviometro, nel periodo 2005-2009, l'anno in cui il dato di pioggia cumulata è più vicino a quello tipico storico a livello di bacino (715 mm) è il 2009 con 646 mm; nel 2009 la soggiacenza media annuale è risultata pari a 3,1 m.

nella Figura 46 s'illustra la valutazione effettuata tenendo conto delle differenze (delta) dei valori di pioggia cumulata annua tipica storica e della soggiacenza tipica (anno 2009) per il periodo 2005-2012.

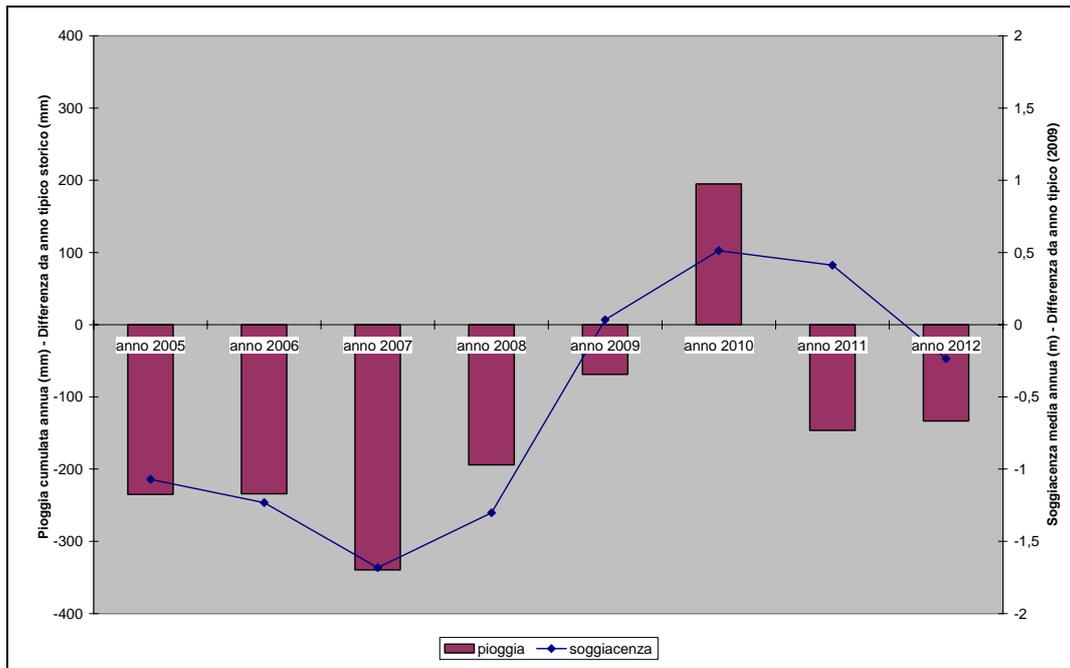


Figura 46. Scostamenti pioggia annua cumulata e soggiacenza media annua rispetto ai valori tipici

Dal grafico si evidenzia come lo scostamento della soggiacenza media nel 2007 risulti negativo rispetto al valore tipico (deficit) e nel 2010 positivo rispetto al valore tipico (surplus). Sulla base di questa elaborazione il 2012 evidenzia un piccolo scostamento negativo rispetto al valore tipico.

4 CONSIDERAZIONI FINALI

Le valutazioni finora effettuate rappresentano soltanto gli inizi del nuovo approccio metodologico con il quale si sta confrontando Arpa nel momento che, a partire dal 2013, le competenze e la gestione della RMRAS, in particolare per i piezometri strumentati per il rilevamento in automatico della soggiacenza, sono state trasferite da Regione ad Arpa. L'anno in corso, durante il quale è stato sviluppato un nuovo approccio metodologico, rappresenta pertanto un periodo di transizione.

Si prevede di articolare lo studio per il 2013 con nuovi elementi per rendere la parte relativa all'analisi dei livelli della falda superficiale più strutturata e integrata con l'analogo rapporto sulla situazione idrologica. Si intende inoltre approfondire ulteriori aspetti di valutazione, quali l'evapotraspirazione e il concetto d'infiltrazione efficace, per comprendere gli effettivi apporti alla falda e gli aspetti legati all'estrazione della risorsa dai pozzi censiti.

Sarà inoltre affinato l'approccio metodologico per gli aspetti statistici, finalizzato all'esame dello scostamento del livello e della sua distribuzione rispetto alla situazione tipica, e sarà infine avviato lo studio delle tendenze.