



Consorzio per il coordinamento delle ricerche
inerenti al sistema lagunare di Venezia

Palazzo Franchetti S. Marco 2847 30124 Venezia

Tel. +39.041.2402511 Fax +39.041.2402512

Progetto **STUDIO B.6.72 B/9**

**ATTIVITÀ DI RILEVAMENTO PER IL
MONITORAGGIO DEGLI EFFETTI PRODOTTI
DALLA COSTRUZIONE DELLE OPERE ALLE
BOCCHIE LAGUNARI**

Contratto Thetis-CORILA n. 132000442

Documento **MACROATTIVITÀ: LIVELLI DI FALDA
RAPPORTO FINALE**

Versione **1.0**

Emissione **1 Luglio 2014**

Redazione

Verifica

Approvazione

Ing. Alessandro Casasso
(POLITECNICO TORINO)

Ing. Rajandrea Sethi
(POLITECNICO TORINO)

Ing. Pierpaolo Campostrini

CORILA
ATTIVITÀ DI RILEVAMENTO PER IL MONITORAGGIO DEGLI EFFETTI PRODOTTI DALLA
COSTRUZIONE DELLE OPERE ALLE BOCCHE LAGUNARI

Indice

1.	INTRODUZIONE	3
1.1	Descrizione delle attività di cantiere aventi impatto sulla falda	3
1.2	Attività di monitoraggio.....	6
2.	MONITORAGGIO FALDA - CA' ROMAN	7
2.1	Rete di monitoraggio	7
2.2	Analisi dei dati.....	8
	2.2.1 Descrizione delle forzanti naturali	8
	2.2.2 Piezometro superficiale - primo livello acquifero (Strato A)	17
	2.2.3 Piezometro profondo - secondo livello acquifero (Strato C).....	21
2.3	Verifica del rispetto delle soglie di azione	25
2.4	Analisi della salinità dell'acqua di falda	29
	2.4.1 Profili verticali di densità.....	29
	2.4.2 Andamento stagionale della conducibilità elettrica.....	32
2.5	Conclusioni.....	34
	BIBLIOGRAFIA.....	35

1. INTRODUZIONE

Il presente Rapporto Finale presenta i risultati delle attività di monitoraggio dei livelli di falda svolte nel periodo 01/05/2013 - 30/04/2014 presso le aree di cantiere poste alla bocca di porto di Chioggia - lato Nord (Ca' Roman).

Il monitoraggio in località Ca' Roman ha avuto inizio nel mese di febbraio 2007. Nel periodo di osservazione la postazione di monitoraggio ha permesso di comprendere l'effetto delle forzanti naturali e gli impatti delle attività di cantiere sui livelli piezometrici in corrispondenza dell'acquifero superficiale e dell'acquifero profondo.

1.1 Descrizione delle attività di cantiere aventi impatto sulla falda

La costruzione del porto rifugio di Ca' Roman ha richiesto la realizzazione di un bacino (tura) in un'area precedentemente occupata dal mare, al fine di rendere agibile ai lavori un'area di cantiere posta alla quota di -11 m s.l.m. e attualmente utilizzata per il getto dei cassoni di alloggiamento delle barriere mobili. La realizzazione della tura ha previsto l'esecuzione di reinterri, la realizzazione di una cinturazione (costituita da diaframmi plastici lato terra, completato nel mese di gennaio 2008, e da palancolati lato mare) e l'installazione di un sistema di pozzi e pompe per il *dewatering*.

Completata l'infissione del palancolato di conterminazione della tura, nel mese di aprile 2008 è iniziato lo svuotamento, accompagnato dall'effetto indotto dall'emungimento dei pozzi agenti sul primo acquifero confinato. L'aggottamento del bacino è terminato a fine luglio 2008 ed il sistema a regime si è attestato con portate giornaliere pari a 4000 mc/d (fonte: Consorzio Venezia Nuova).

Nel periodo agosto 2008 - gennaio 2009 la Direzione Lavori ha proceduto ad ottimizzare la portata di emungimento riducendola a 3500 mc/d. Per mitigare ulteriormente l'effetto indotto dall'emungimento, nel febbraio del 2010 è stato realizzato un diaframma jet grouting (Fig. 1.1) che ha consentito di ridurre la portata da 3000 a 2100 mc/d, salvo occasionali incrementi necessari a contrastare gli effetti indotti da forzanti naturali o da problemi tecnici di cantiere, quali le attività manutentive programmate o imprevisi mal funzionamenti.

In tali condizioni è stato possibile realizzare, alla quota -12 metri, i 6 cassoni di barriera.

Le successive lavorazioni dei cassoni di spalla hanno introdotto la necessità di impostare lo strato di ripartizione del complesso fondazionale alla quota di - 13 metri, rendendo pertanto necessario l'aumento delle quantità emunte da 2100 a 3600 mc/d, portate a regime nel mese di ottobre 2011 a 3000 mc/d.

Dal 1 novembre 2011 la portata è stata mantenuta costante con regolazioni tali da non creare ulteriori perturbazioni, utilizzando tutti i pozzi inferiori ed i soli pozzi P2, P4, P5, P6, P10 e P11 posti al coronamento (Fig. 1.1).

In data 10 marzo 2014, il pompaggio di *dewatering* è stato interrotto per procedere all'allagamento della tura (fonte: comunicazione Consorzio Venezia Nuova).

In Fig. 1.2 sono riportate le serie temporali dei carichi idraulici misurati nei piezometri interni alla tura e le portate di emungimento del sistema di *dewatering* della tura di Ca' Roman.

CORILA
ATTIVITÀ DI RILEVAMENTO PER IL MONITORAGGIO DEGLI EFFETTI PRODOTTI DALLA
COSTRUZIONE DELLE OPERE ALLE BOCCHE LAGUNARI

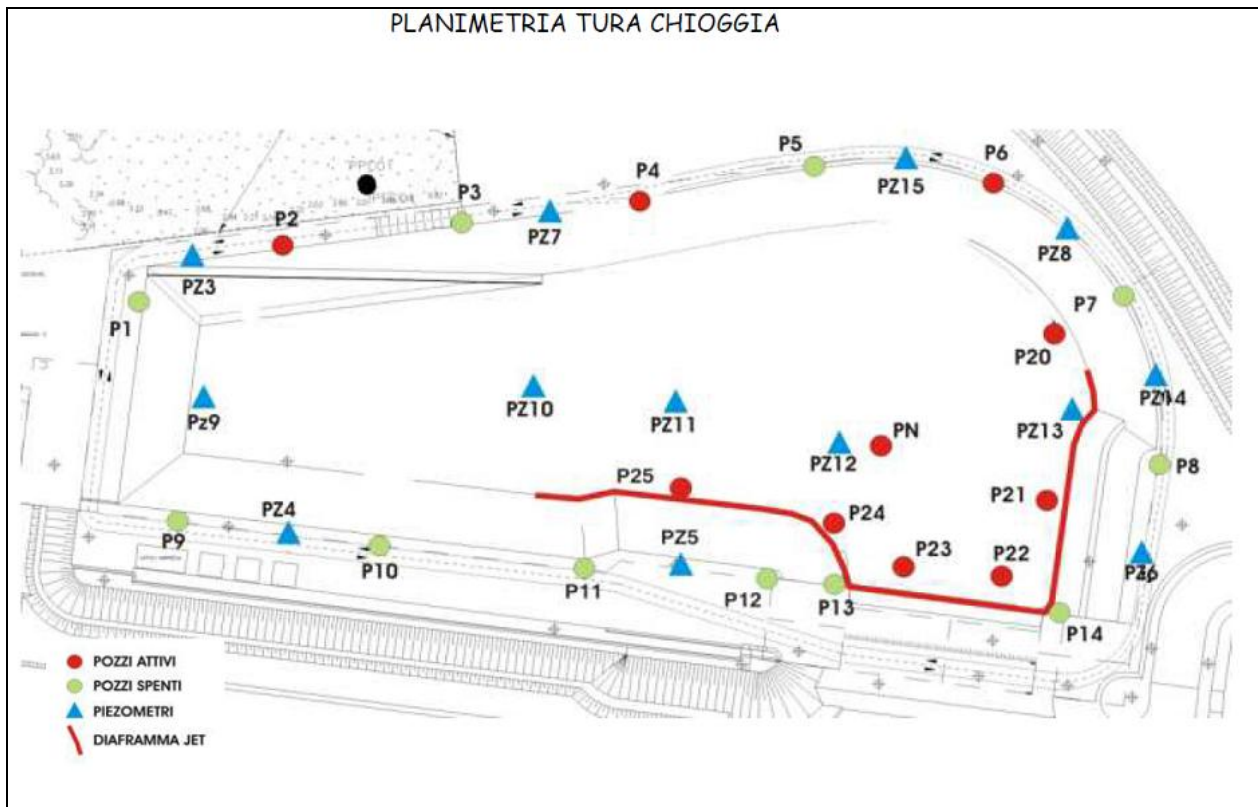


Fig. 1.1 - Planimetria del sistema di dewatering della tura (fonte: Consorzio Venezia Nuova).

Chiggia - Livelli piezometrici e valori portata emunta

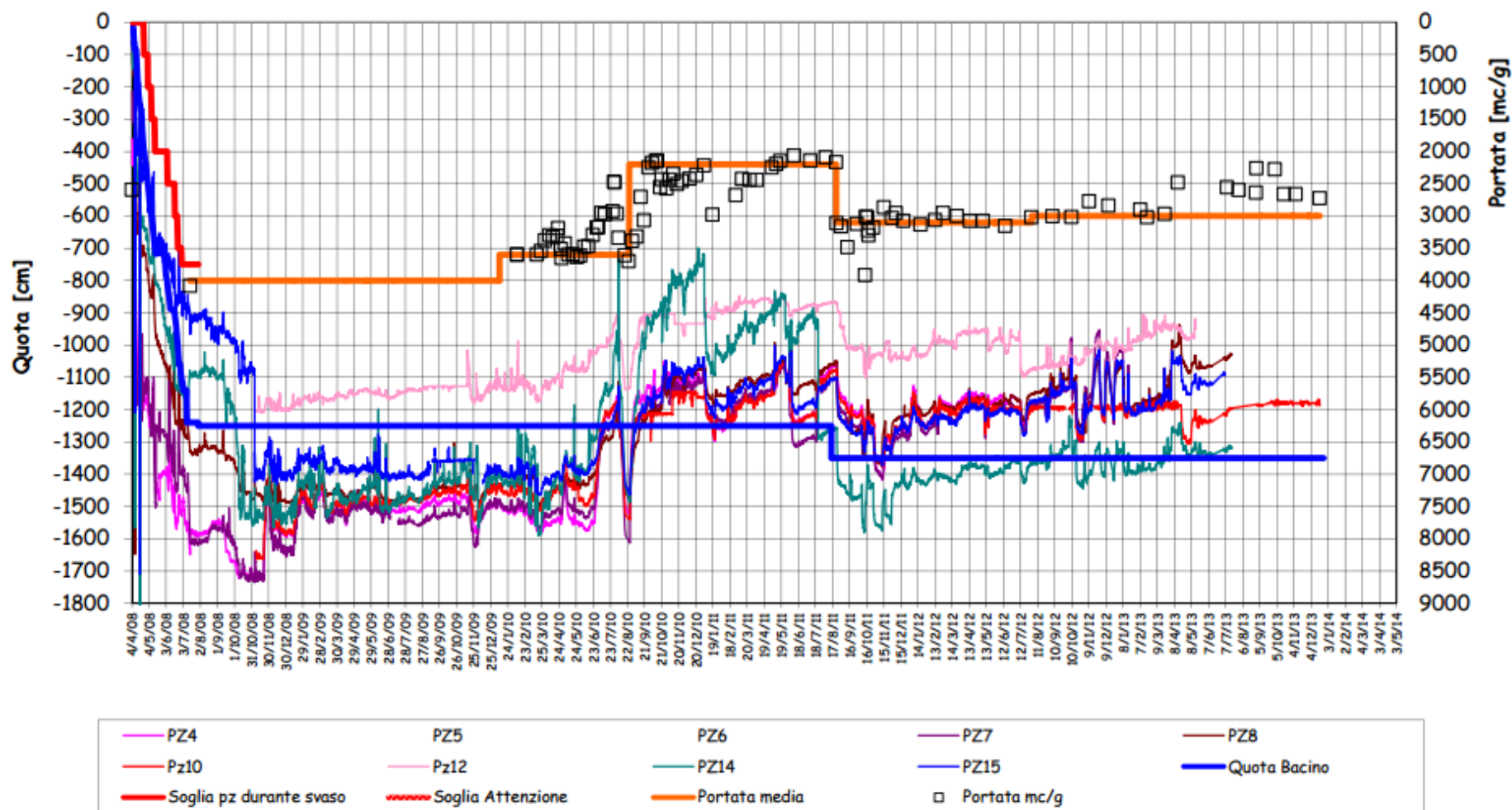


Fig. 1.2 - Portate di emungimento e carichi idraulici misurati all'interno della tura di Ca' Roman (fonte: Consorzio Venezia Nuova).

1.2 Attività di monitoraggio

La rete di monitoraggio è composta da due piezometri per la misura dei livelli nell'acquifero superficiale e nel secondo livello acquifero. I due piezometri sono dotati di trasduttori automatici di pressione per la misura dei livelli di falda, con frequenza pari a 1 acquisizione ogni ora.

Il monitoraggio della falda, iniziato nel febbraio 2007 (Studio B.6.72 B/2, II Rapporto di Valutazione, Aprile 2007), è stato condotto in parallelo all'esecuzione delle attività di realizzazione della tura al fine di monitorare gli eventuali effetti sui livelli di falda. La rete è attiva da 86 mensilità. In Tab. 1.7 sono riassunte le attività di monitoraggio di falda svolte a Ca' Roman.

Tab. 1.1 - Riassunto delle attività di monitoraggio di falda presso il cantiere di Ca' Roman.

Parametro	Punto di monitoraggio		Frequenza di acquisizione	Scaricamento
Carico idraulico non compensato	Postazioni P01-P14	Postazioni superficiali PS01-PS11	1 ora	Mensile
Carico idraulico non compensato		Postazioni profonde PP01-PP14	1 ora	Mensile
Conduttanza specifica lungo la verticale	Postazioni Bilivello P01-P11	Postazioni superficiali PS01-PS11	Mensile	Manuale
Conduttanza specifica lungo la verticale		Postazioni profonde PP01-PP11	Mensile	Manuale
Pressione atmosferica	Postazione P03 e P10		1 ora	Mensile

2. MONITORAGGIO FALDA - CA' ROMAN

2.1 Rete di monitoraggio

Vengono di seguito descritti i dati raccolti in corrispondenza del sito di Ca' Roman durante il periodo di monitoraggio di Fase B compreso tra il 1 maggio 2013 e il 30 aprile 2014.

Sono riportati i tracciati relativi ai livelli piezometrici nell'intero periodo di osservazione in corrispondenza della postazione doppia di monitoraggio (Fig. 2.1), le cui coordinate sono riportate in Tab. 2.1.

I dati sono messi in relazione alle forzanti naturali (precipitazioni, oscillazioni mareali e pressione atmosferica) che concorrono alla determinazione dei livelli piezometrici dei due livelli acquiferi (Cap. 2.2). Ogni grafico riporta il livello piezometrico assoluto per ciascun piezometro, il livello del mare, le precipitazioni e le Soglie di Alto e Basso Livello Istantaneo. Sono infine riportati i profili verticali di densità calcolati (Cap. 2.3), per ciascun piezometro, a partire dai dati grezzi di conduttanza, di cui si riporta l'andamento stagionale. Nel Cap. 2.4 sono riportate le conclusioni.

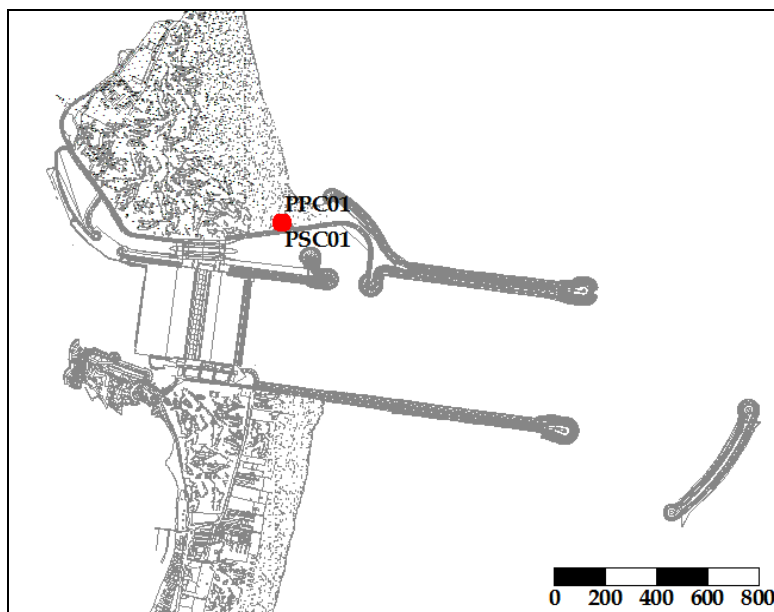


Fig. 2.1- Ubicazione dei piezometri

Tab. 2.1- Coordinate planoaltimetriche dei piezometri di monitoraggio.

NOME	H geoid	N GB Fuso Est	E GB Fuso Est
PSC01	2.065	5012706.063	2308002.906
PPC01	2.072	5012707.515	2308002.753

2.2 Analisi dei dati

2.2.1 *Descrizione delle forzanti naturali*

Di seguito vengono descritti e presentati i dati relativi alle forzanti naturali che possono influenzare i livelli piezometrici:

- precipitazioni, registrate dalla stazione meteorologica “Chioggia, loc. S. Anna”, gestita da ARPA Veneto e posta circa 12 km a sud del cantiere;
- oscillazioni mareali registrate dal mareografo “Chioggia Città” per i mesi di giugno e luglio 2012 e, per gli altri mesi, dal mareografo “Diga Sud Chioggia” (stazioni di monitoraggio meteorologico dell’Istituzione Centro Previsioni e Segnalazioni Maree, Comune di Venezia);
- pressione atmosferica registrata dal barologger BC01, installato in corrispondenza piezometro superficiale PSC01.

2.2.1.1 Precipitazioni

I dati di precipitazione sono stati acquisiti dalla centralina “ARPAV Chioggia loc. S. Anna”, rappresentata in Fig. 2.2. Nelle Figg. 2.3-2.4 è riportato l’andamento delle precipitazioni registrate nel periodo di riferimento. In Tab. 2.2 sono riportati gli eventi piovosi di entità maggiore o uguale a 5 mm.



Fig. 2.2- Ubicazione della stazione pluviometrica “ARPAV – Chioggia loc. Sant’Anna”.

CORILA
 ATTIVITÀ DI RILEVAMENTO PER IL MONITORAGGIO DEGLI EFFETTI PRODOTTI DALLA
 COSTRUZIONE DELLE OPERE ALLE BOCHE LAGUNARI

Tab. 2.2 - Eventi piovosi significativi verificatesi nel periodo di monitoraggio.

DATA	DURATA (h)	ENTITÀ (mm)
05-06/05/13	48	18.8
10/05/13	24	12.0
16/05/13	24	12.0
24-26/05/13	72	38.4
09/06/13	24	5.2
26/06/13	24	6.8
28/06/13	24	17.4
11/07/13	24	16.8
29/07/13	24	6.0
14/08/13	24	10.6
19-20/08/13	48	18.2
25/08/13	24	22.0
27/08/13	24	26.0
15/09/13	24	7.8
29-30/09/13	48	10.6
05-08/10/13	96	94.2
20/10/13	24	35.8
24/10/13	24	17.2
04-05/11/13	48	12.4
10/11/13	24	8.8
14-15/11/13	48	35.8
19-21/11/13	72	13.2
23/11/13	24	31.2
02-05/01/14	96	29.8
14/01/14	24	7.8
17-20/01/14	96	42.8
23-24/01/14	48	8.6
27-31/01/14	120	83.8
01-04/02/14	96	66.8
09-11/02/14	72	40.2
19-20/02/14	48	7.2
22/02/14	24	5.0
01-02/03/14	48	42.8
04/03/14	24	5.0
23-24/03/14	48	27.0
21/04/14	24	6.6
28-30/04/14	72	34.8

2.2.1.2 Livello del mare

Nelle Fig.2.5-2.6 è tracciato l'andamento del livello del mare durante l'anno di monitoraggio, registrato dal mareografo "Diga Sud Chioggia". I dati riportati sono riferiti alla Rete Altimetrica dello Stato "Genova 1942" e sono caratterizzati da una frequenza di acquisizione oraria nell'intero periodo monitorato.

2.2.1.3 Pressione atmosferica - h_b

Nell'area oggetto del monitoraggio è presente un Barologger, posizionato all'altezza del piano campagna all'interno del piezometro superficiale PSC01.

Nelle Fig.2.7-2.8 è riportato l'andamento del tracciato di misura del Barologger nel periodo di osservazione. tali dati sono stati usati per la compensazione dei valori di livello dei due Levelogger installati nei piezometri PSC01 e PPC01.

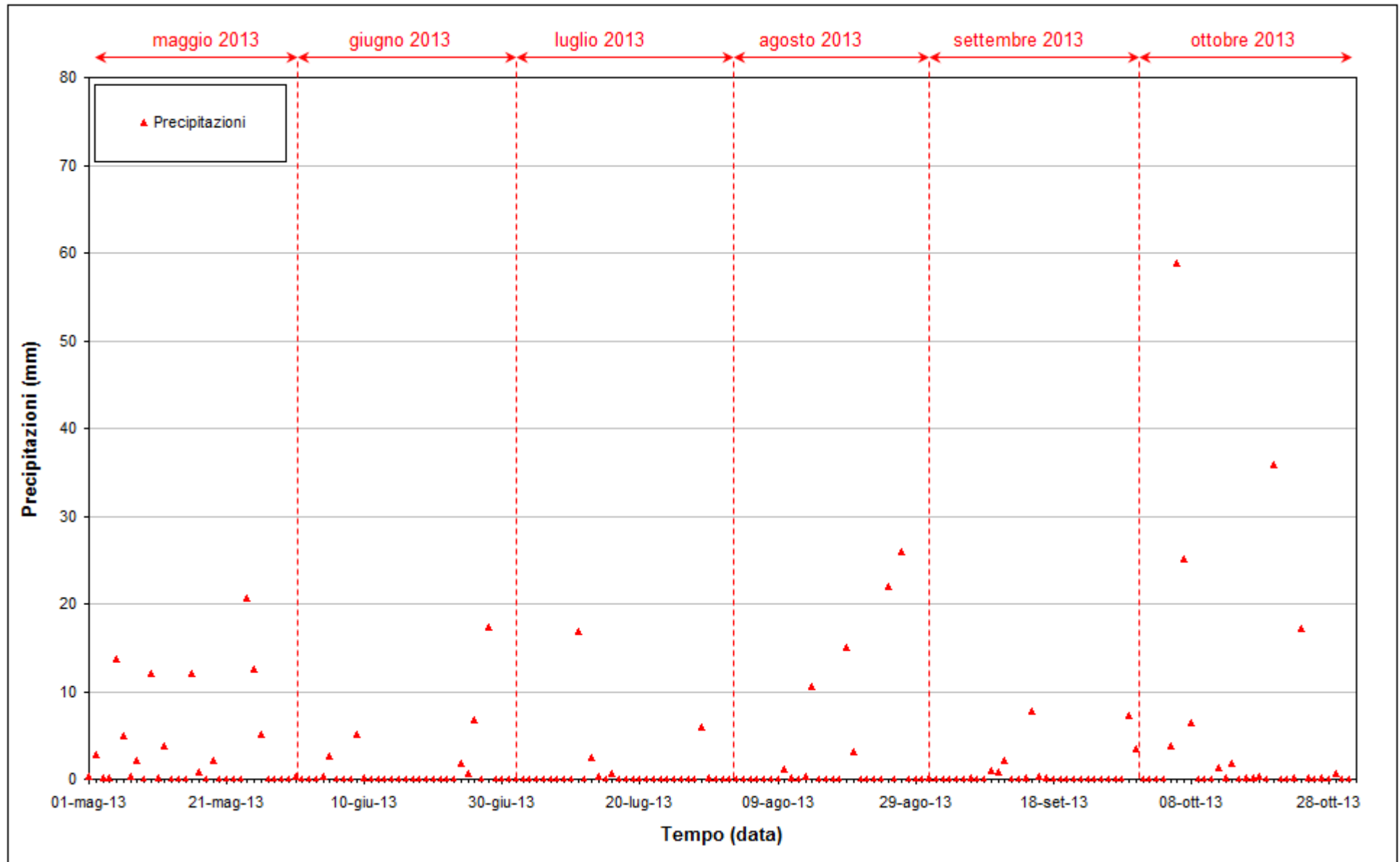


Fig. 2.3 - Precipitazioni registrate nel periodo di monitoraggio 01/05/2013 - 31/10/2013.

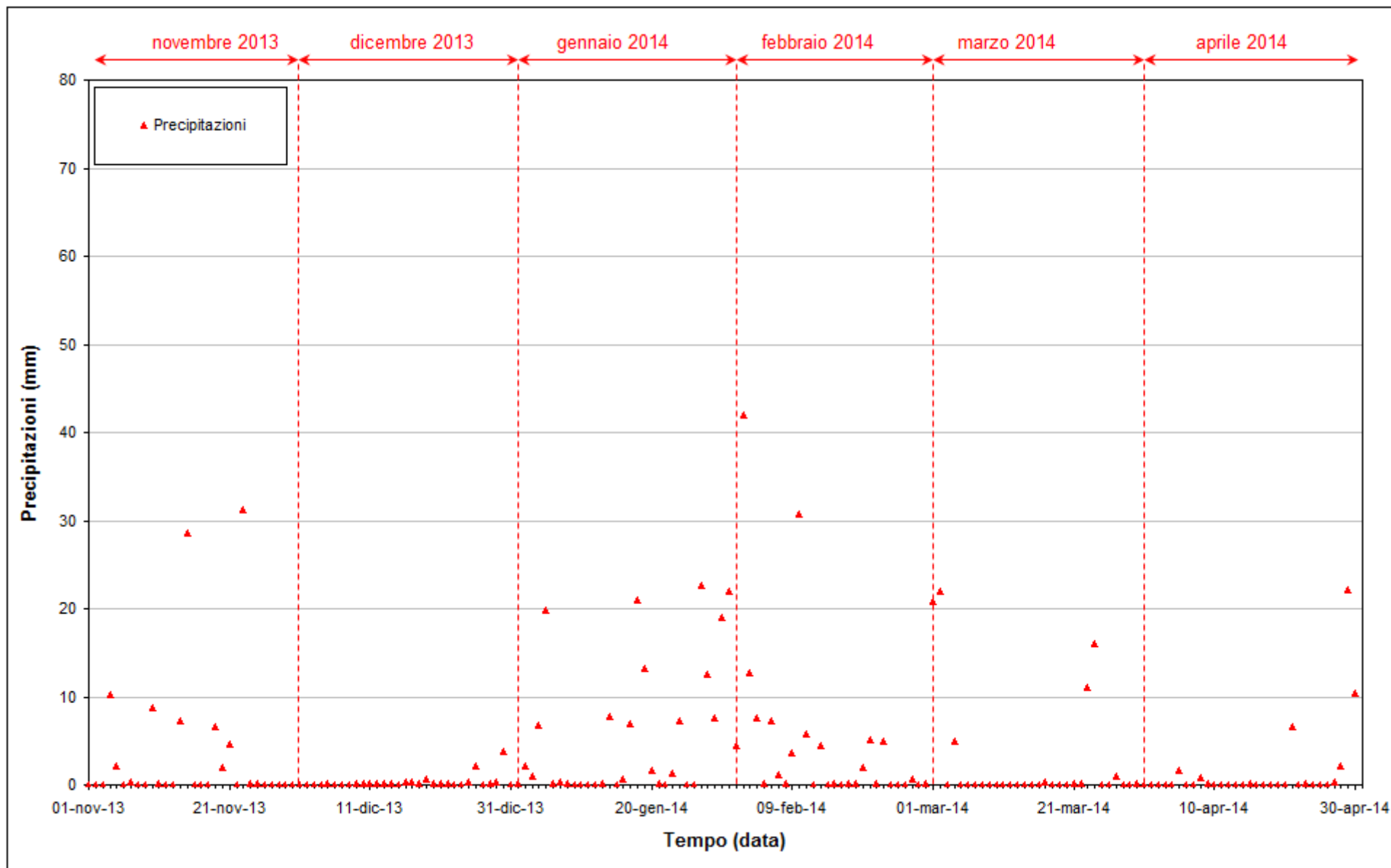


Fig. 2.4 - Precipitazioni registrate nel periodo di monitoraggio 01/11/2013 - 30/04/2014.

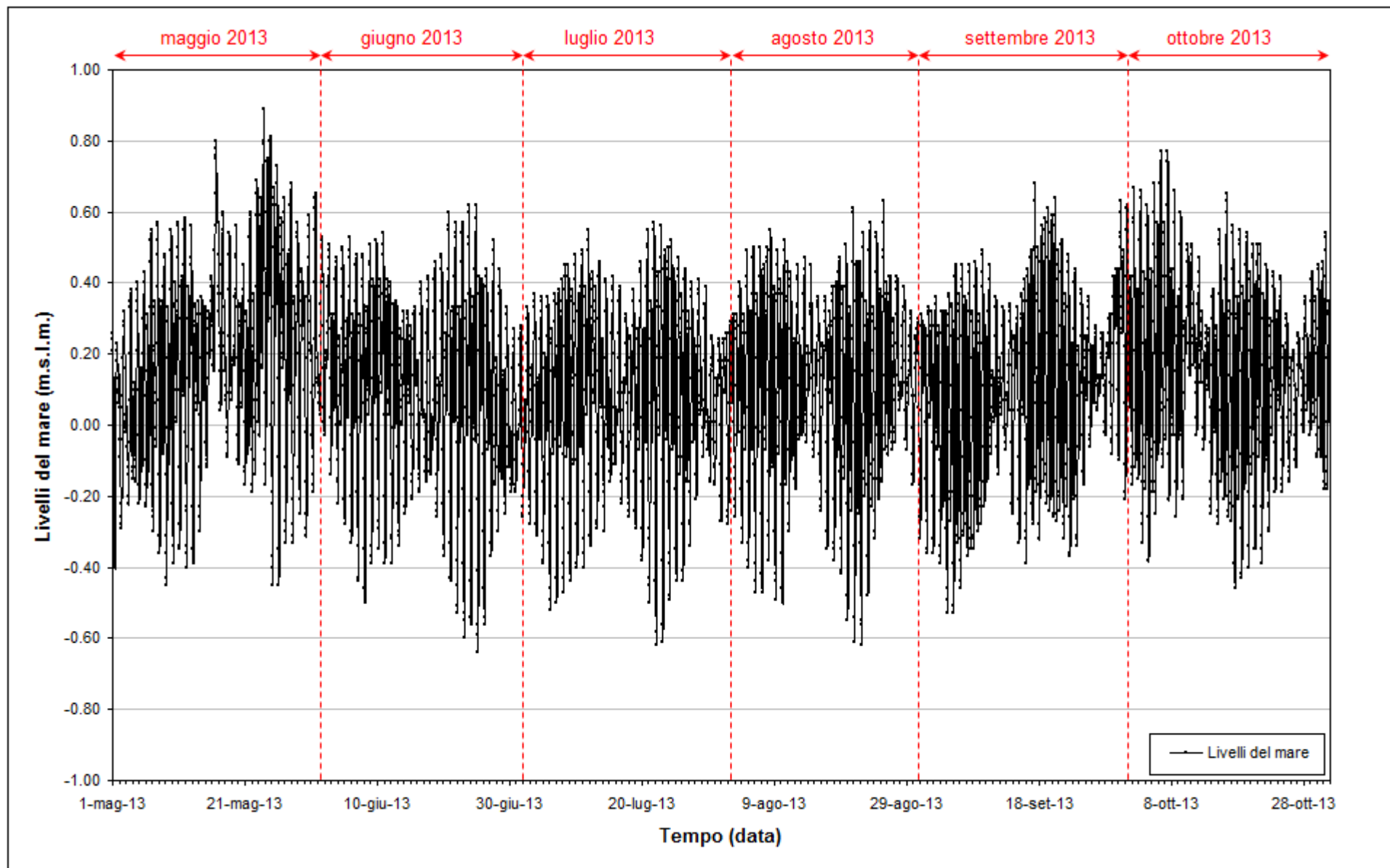


Fig. 2.5 - Livello del mare misurato in corrispondenza del mareografo Diga Sud Chioggia nel periodo di monitoraggio 01/05/2013 - 31/10/2013.

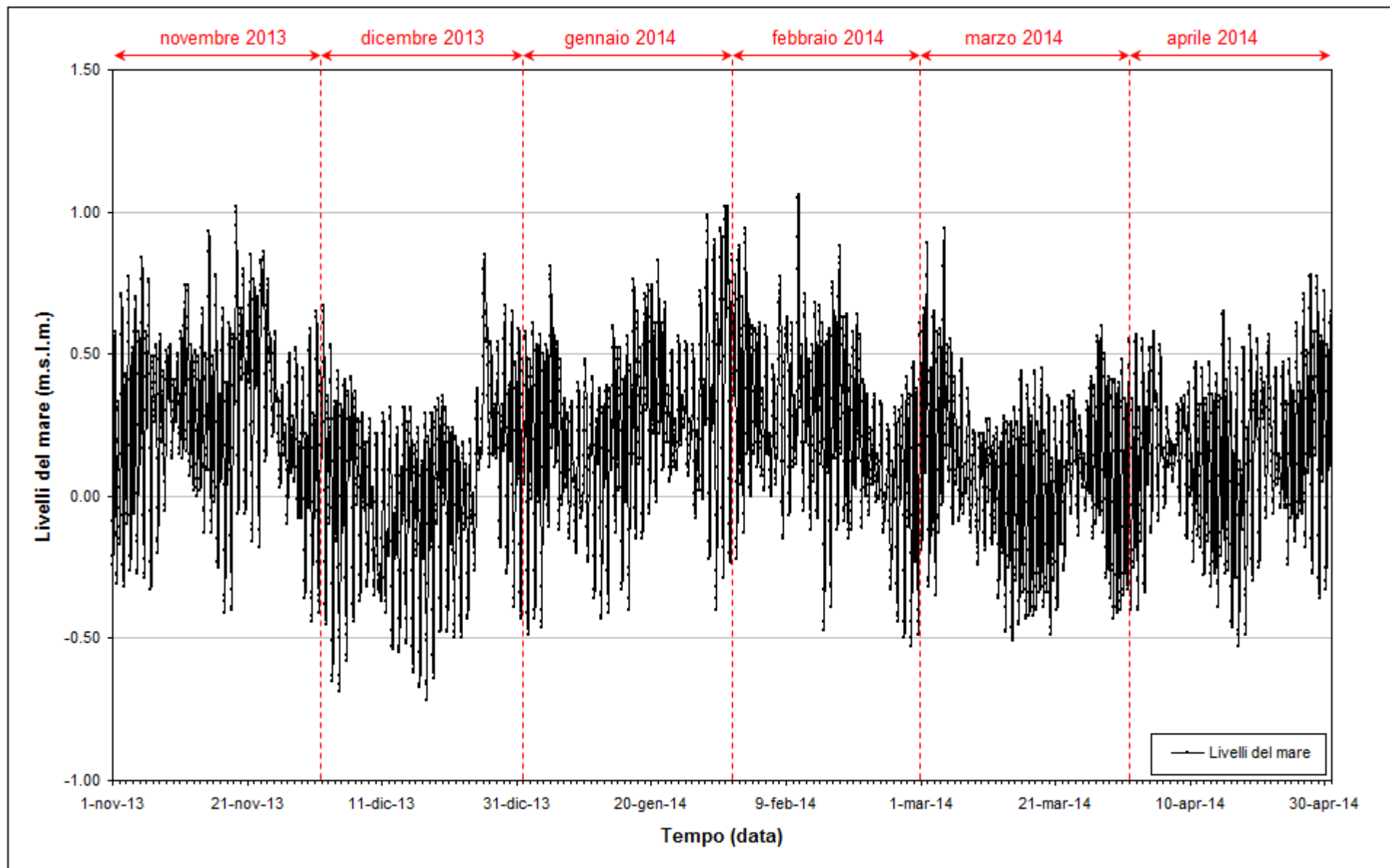


Fig. 2.6 - Livello del mare misurato in corrispondenza del mareografo Diga Sud Chioggia nel periodo di monitoraggio 01/11/2013 - 30/04/2014.

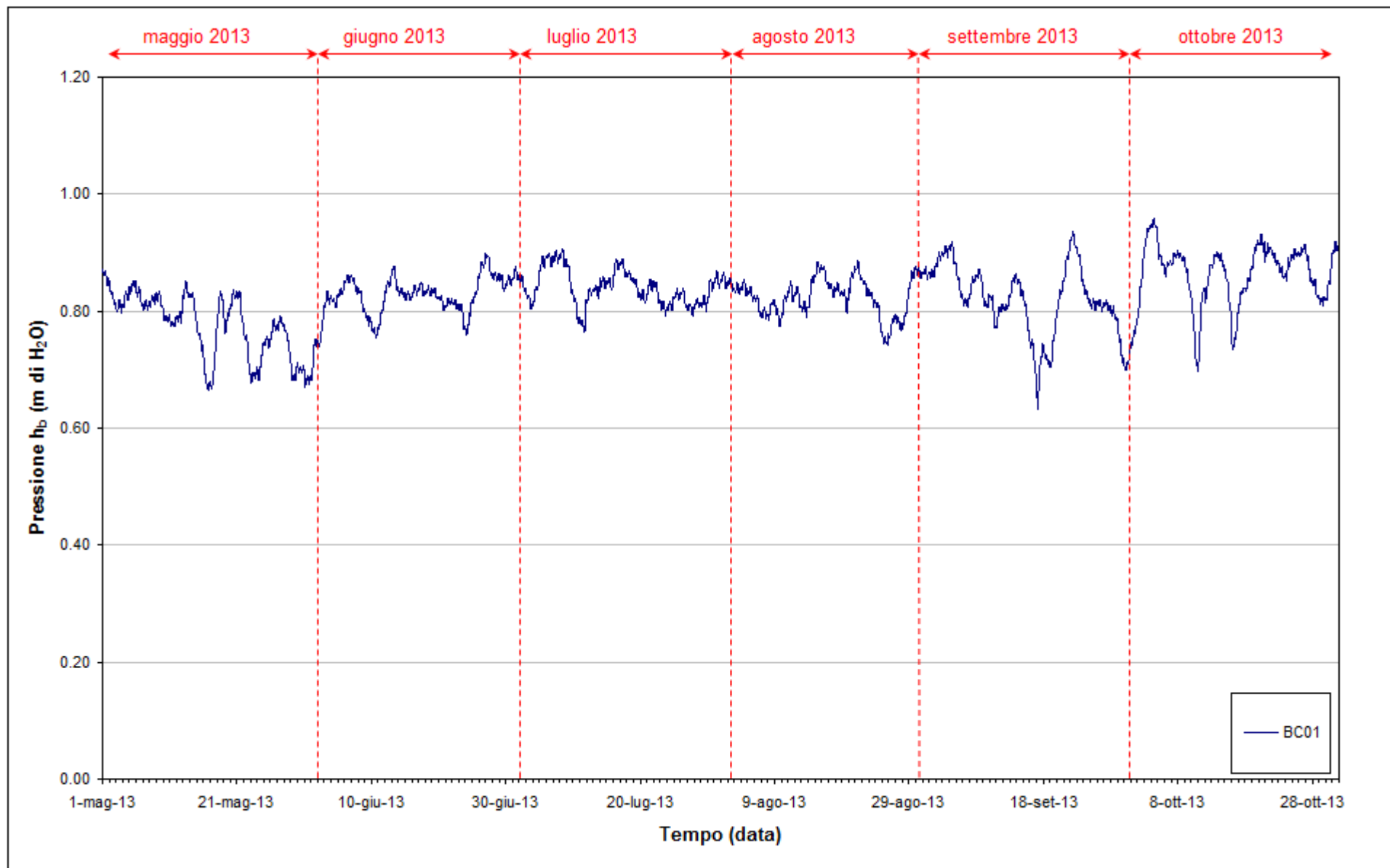


Fig. 2.7 - Tracciato di misura del Barologger BC01 (h_b) nel periodo di monitoraggio 01/05/2013 - 31/10/2013.

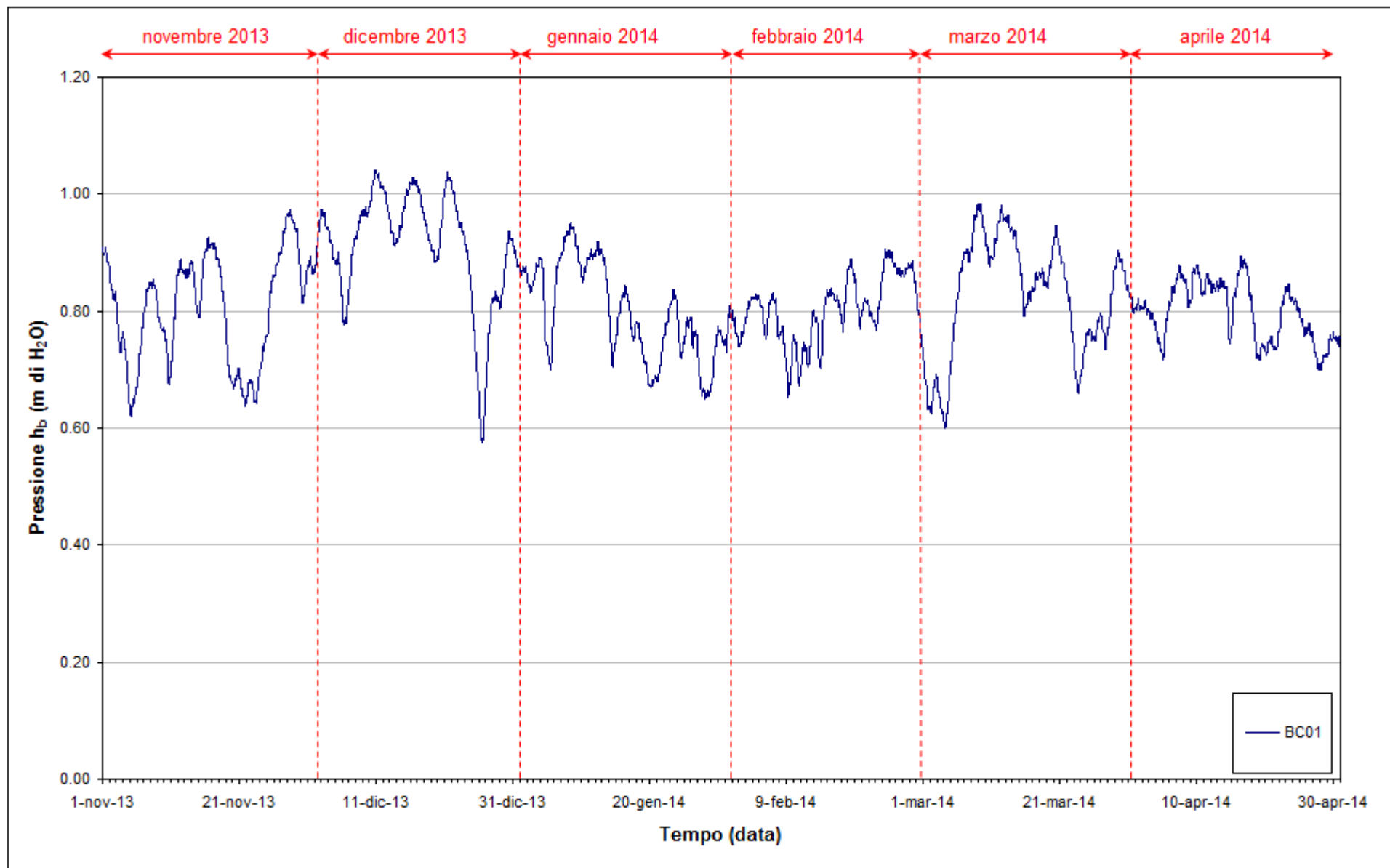


Fig. 2.8 - Tracciato di misura del Barologger BC01 (h_b) nel periodo di monitoraggio 01/11/2013 - 30/04/2014.

2.2.2 *Piezometro superficiale – primo livello acquifero (Strato A)*

In questo capitolo vengono presentate ed analizzate le serie temporali dei livelli piezometrici assoluti relativi al piezometro superficiale PSC01, finestrato in corrispondenza del primo livello acquifero (Strato A).

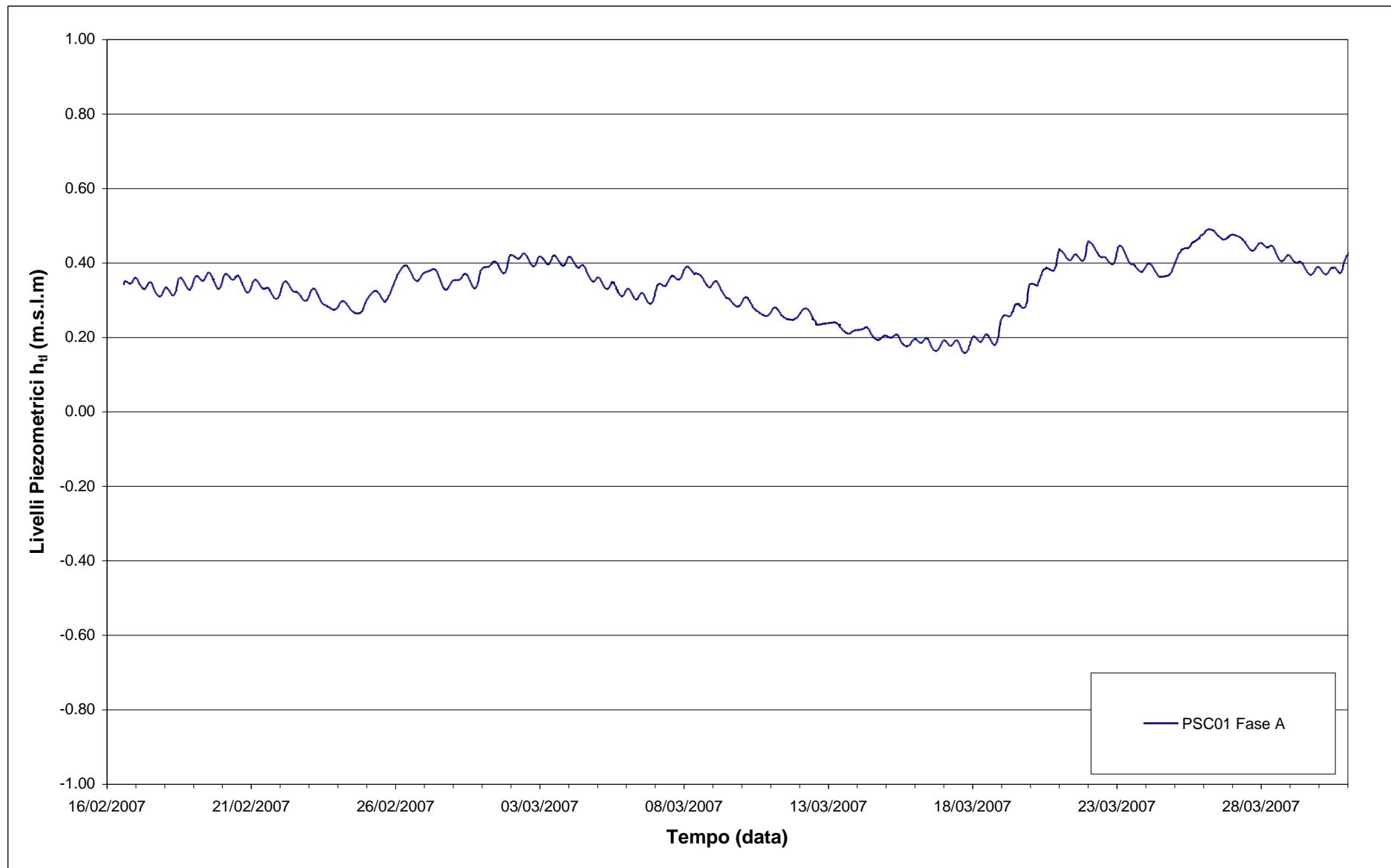
In Fig. 2.9 è riportato l'andamento dei livelli piezometrici nel piezometro superficiale PSC01 durante la fase A (febbraio – marzo 2007).

Nelle Fig. 2.10-2.11 sono rappresentati singolarmente i livelli assoluti del piezometro PSC01, associati alle relative soglie di Alto e Basso Livello Istantaneo ed alle forzanti naturali (precipitazioni e oscillazioni mareali).

Dall'analisi dei tracciati si può notare che i livelli di falda nell'acquifero superficiale sono svincolati dalle oscillazioni mareali in seguito all'infissione dei palancolati nella porzione perimetrale della tura in prossimità dei piezometri, avvenuta nel gennaio 2008.

Tra l'inizio e la fine del periodo monitorato (01/05/13 – 30/04/14) non si osservano variazioni apprezzabili del livello di falda superficiale. Le precipitazioni totali sono state pari a 954.4 mm (fonte: stazione meteorologica "ARPA Veneto – Chioggia loc. S. Anna"), superiori alla media nel periodo 1993-2012 (pari a 788.8 mm).

A causa di problemi tecnici al trasduttore di misura dei livelli, i dati relativi ai periodi 10/01/14 – 07/02/14 e 03/03/14 – 21/03/14 non sono disponibili. Nel corso del sopralluogo del 07/02/2014, il trasduttore è stato sostituito.

Fig. 2.9 - Livelli piezometrici (h_t) relativi al piezometro superficiale durante la Fase A.

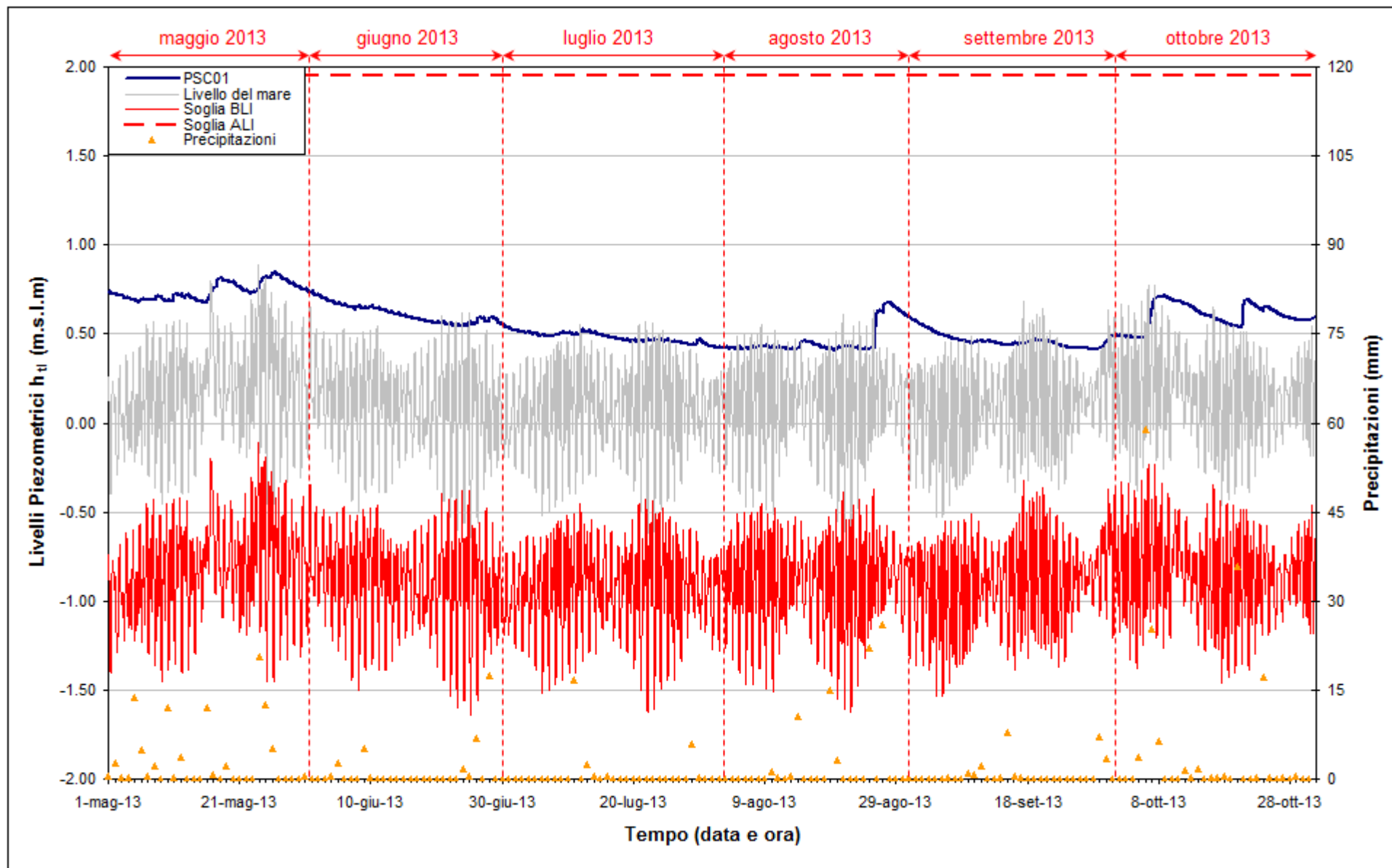
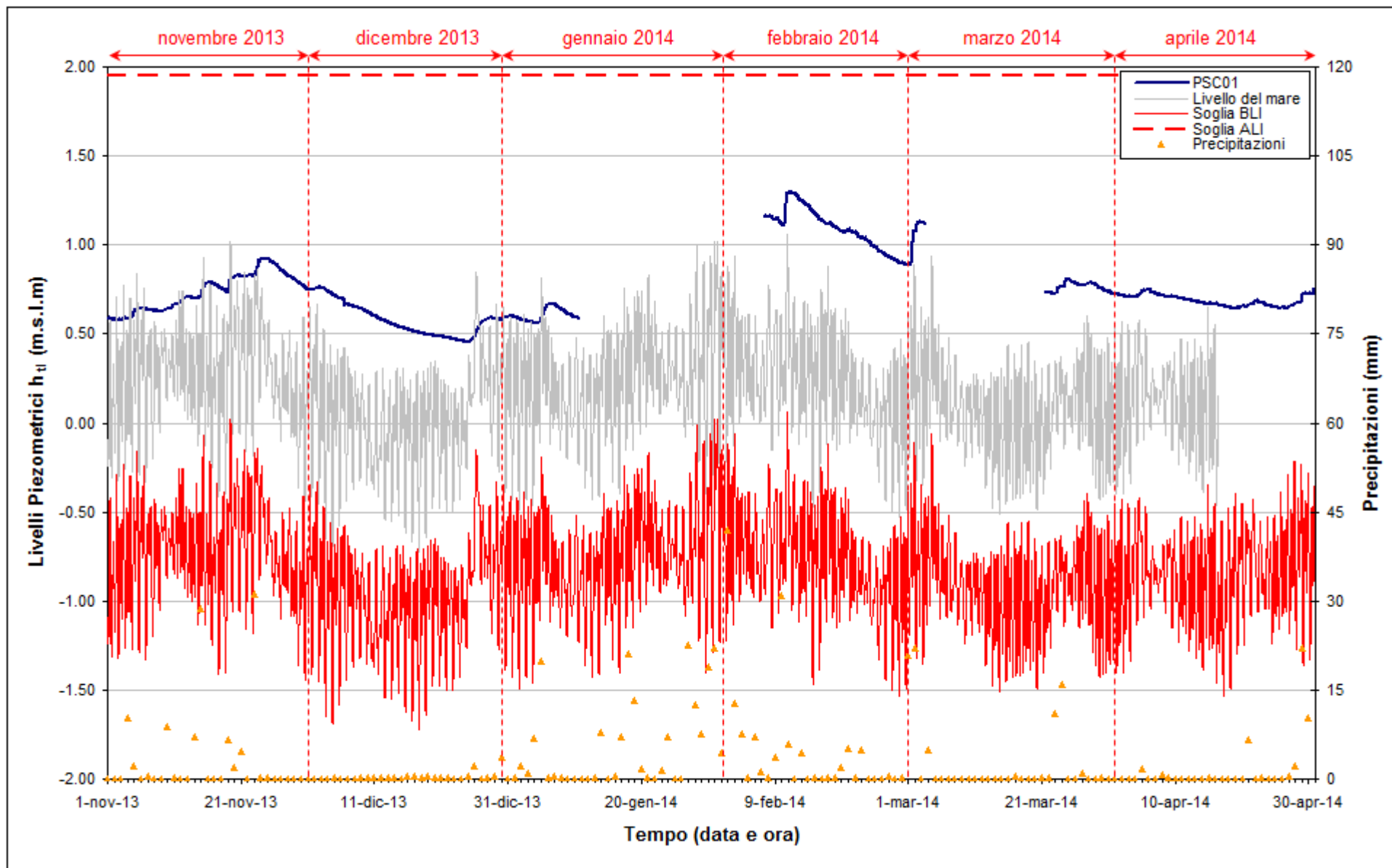


Fig. 2.10 – Livelli piezometrici (h_u) relativi al piezometro superficiale PSC01 nel periodo di monitoraggio 01/05/2013 – 31/10/2013.

Fig. 2.11 - Livelli piezometrici (h_u) relativi al piezometro superficiale PSC01 nel periodo di monitoraggio 01/11/2013 - 30/04/2014.

2.2.3 Piezometro profondo – secondo livello acquifero (Strato C)

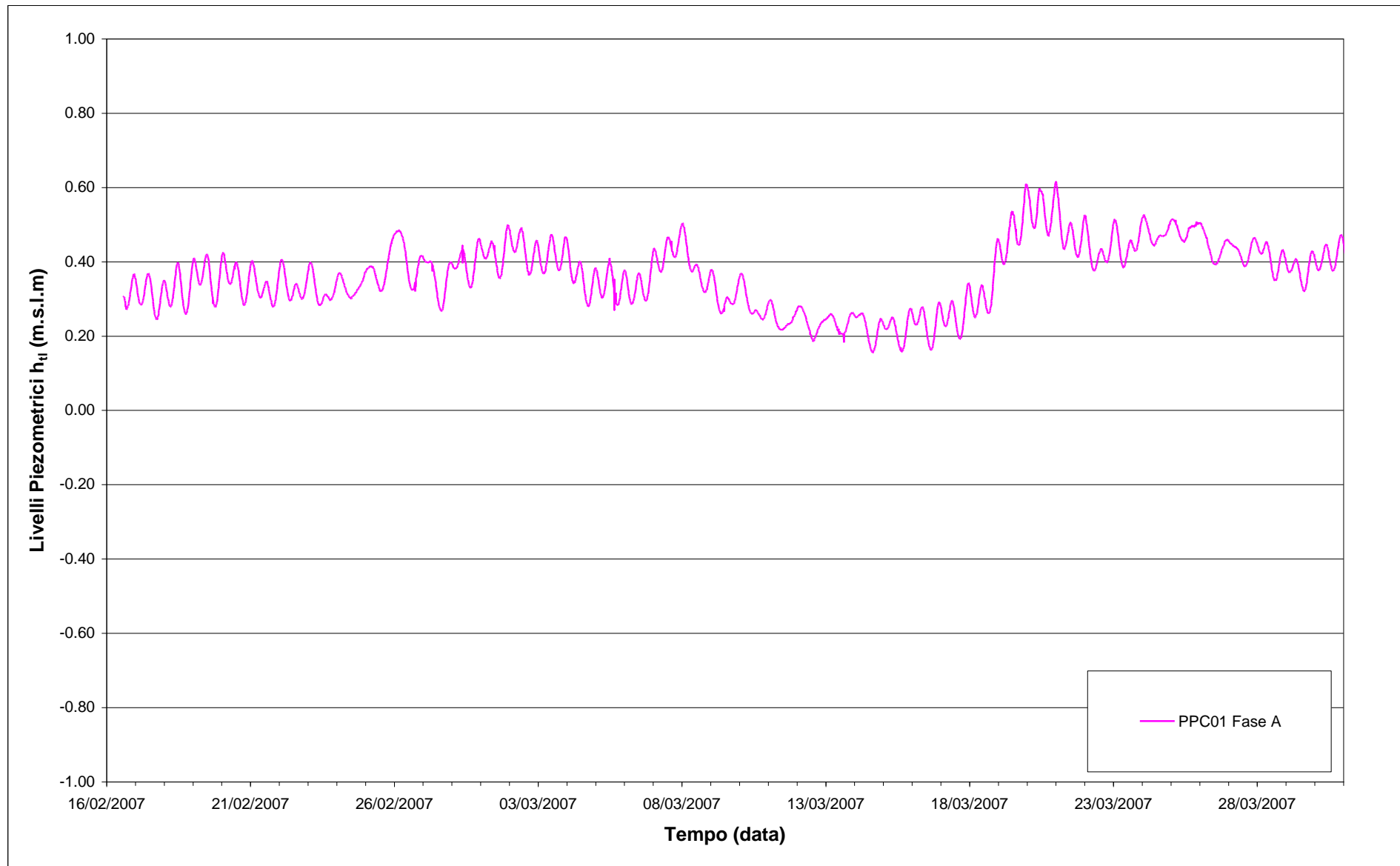
Di seguito verranno presentati ed analizzate le serie temporali dei livelli piezometrici assoluti nel piezometro profondo finestrato in corrispondenza del secondo livello acquifero (Strato C).

In Fig.2.12 è riportato l'andamento dei livelli piezometrici nel piezometro profondo PPC01 durante la fase A (febbraio – marzo 2007).

Nelle Figg.2.13-2.14 sono rappresentati singolarmente i livelli assoluti del piezometro PPC01, associati alle relative soglie di Alto e Basso Livello Istantaneo ed alle forzanti naturali (precipitazioni e oscillazioni mareali).

Tra l'inizio del periodo di monitoraggio (01/05/13) e l'interruzione del pompaggio di dewatering (10/03/14, fonte: comunicazione Consorzio Venezia Nuova) si osserva un modesto incremento del carico idraulico, pari a circa 20 cm e attribuibile ad una riduzione della portata di emungimento della tura.

Tra il momento dell'interruzione del pompaggio (10/03/14) e la fine del periodo monitorato (30/04/14), si osserva una risalita del carico idraulico di circa 300 cm, che presumibilmente si protrarrà nei prossimi mesi fino al recupero totale della configurazione *ante operam*.

Fig. 2.12- Livelli piezometrici (h_t) relativi al piezometro profondo durante la Fase A.

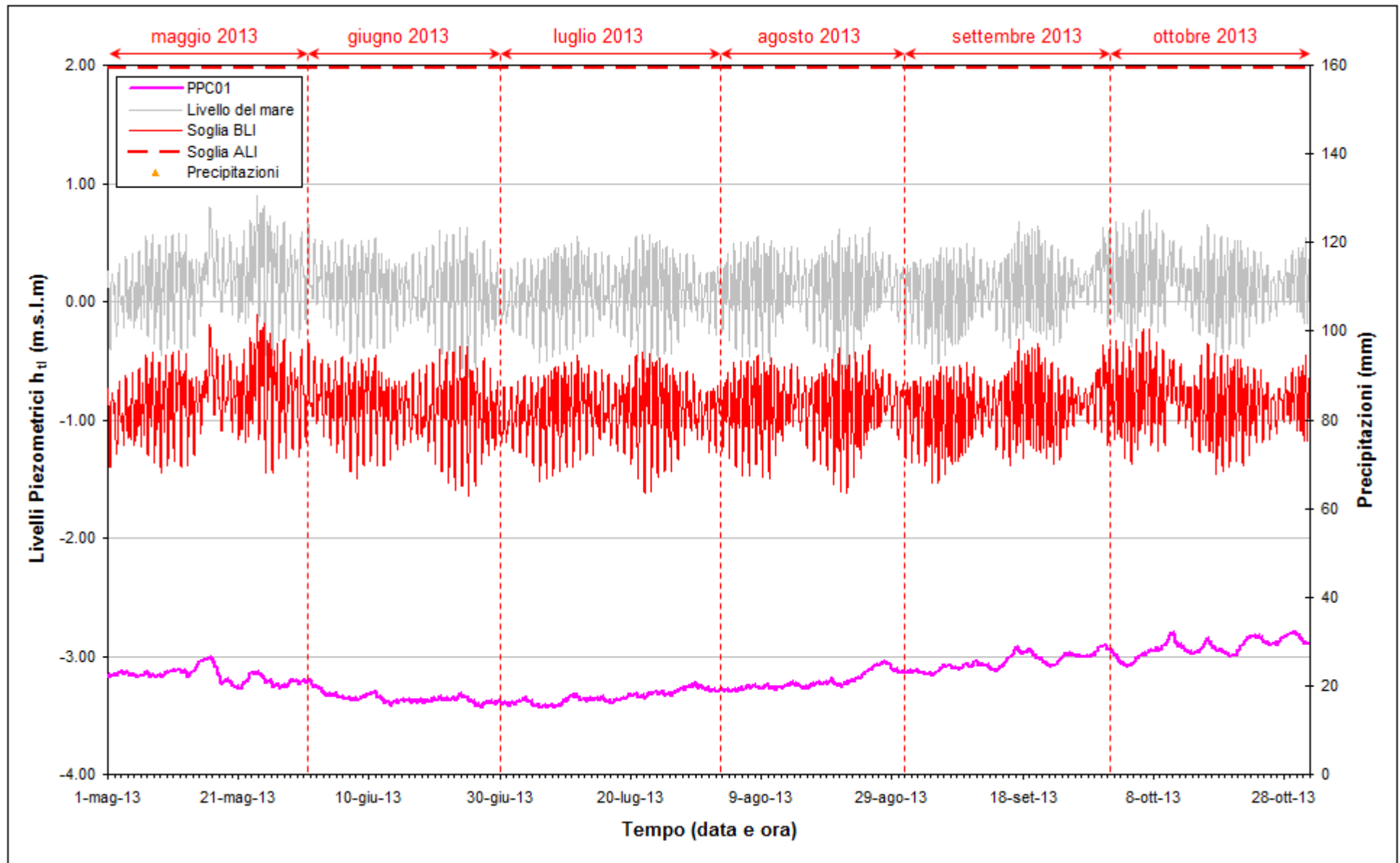


Fig. 2.13 - Livelli piezometrici (h_u) relativi al piezometro profondo PPC01 nel periodo di monitoraggio 01/05/2013 - 31/10/2013.

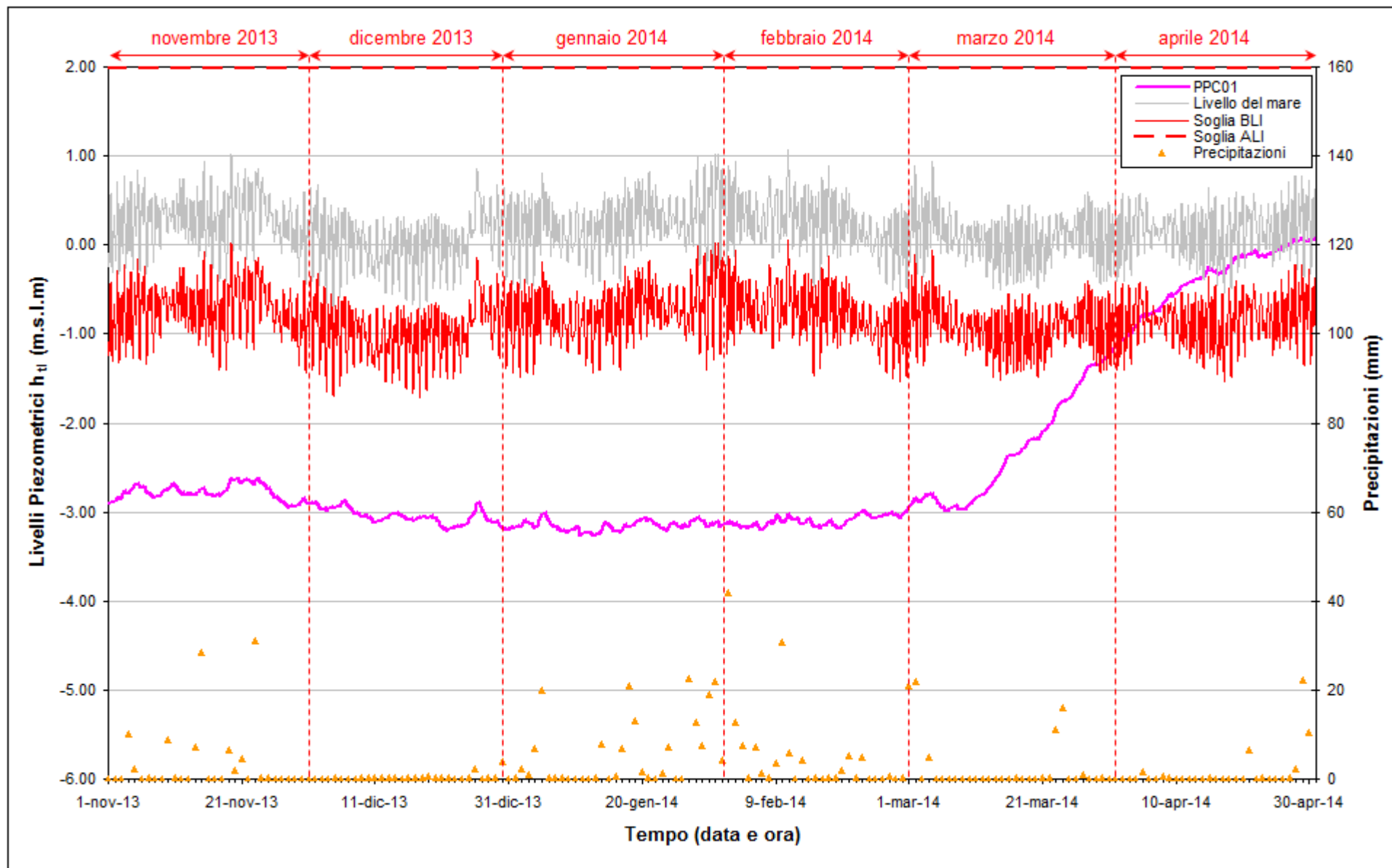


Fig. 2.14 - Livelli piezometrici (h_u) relativi al piezometro profondo PPC01 nel periodo di monitoraggio 01/11/2013 - 30/04/2014.

2.3 Verifica del rispetto delle soglie di azione

Le soglie identificate nel “Rapporto di Variabilità Attesa” (Dicembre 2005) prendono in considerazione eventi quali il basso o l’alto livello piezometrico, valutati sui valori istantanei dei carichi idraulici e sui valori mediati su 24 ore, come definito dalle seguenti relazioni (vedasi Tab.3.3):

- BLI, soglia di basso livello istantaneo: è raggiunta quando il livello piezometrico in corrispondenza di un piezometro di monitoraggio si trova almeno un metro al di sotto del livello del mare, secondo la relazione: $h_{ul} < h_M - 1$ (m s.l.m.)
- BLM, soglia di basso livello medio su 24 h: è raggiunta quando il livello piezometrico in corrispondenza di un piezometro di monitoraggio, mediato sulle 24 h, si trova almeno un metro al di sotto del livello del mare mediato sulle 24 h, secondo la relazione: $\bar{h}_{ul,24} < \bar{h}_{M,24} - 1$ (m s.l.m.)
- ALI, soglia di alto livello istantaneo: è raggiunta quando il livello piezometrico in corrispondenza di un piezometro di monitoraggio si trova al di sopra del punto di riferimento delle quote: $h_{ul} > z_t$ (m s.l.m.)
- ALM, soglia di alto livello medio su 24 h: è raggiunta quando il livello piezometrico in corrispondenza di un piezometro di monitoraggio, mediato sulle 24 h, si trova al di sopra del punto di riferimento delle quote: $\bar{h}_{ul,24} > z_t$ (m s.l.m.).

Tab. 2.3 - Identificazione preliminare delle soglie ed azioni correttive.

Sigla	BLI			BLM		
Evento	Basso livello istantaneo			Basso livello medio (24 h)		
Espressione	$h_{ul} < h_M - 1$			$\bar{h}_{ul,24} < \bar{h}_{M,24} - 1$		
Causa	Naturale	Antropica		Naturale	Antropica	
		Varia	Cantiere		Varia	Cantiere
Azione	-	Avviso	Avviso	-	Accertare la presenza di pozzi in funzione	Valutare riduzione pompaggio ed efficienza impermeabilizzazione tura

Sigla	ALI			ALM		
Evento	Alto livello istantaneo			Alto livello medio (24 h)		
Espressione	$h_{ul} > z_t$			$\bar{h}_{ul,24} > z_t$		
Causa	Naturale	Antropica		Naturale	Antropica	
		Varia	Cantiere		Varia	Cantiere
Azione	Valutare affidabilità dati Barologger	Avviso Valutare affidabilità dati Barologger	Avviso Valutare affidabilità dati Barologger	Spostamento Barologger	Spostamento Barologger	Spostamento Barologger Interventi da valutare

CORILA
ATTIVITÀ DI RILEVAMENTO PER IL MONITORAGGIO DEGLI EFFETTI PRODOTTI DALLA
COSTRUZIONE DELLE OPERE ALLE BOCCHE LAGUNARI

Nel corso del periodo di monitoraggio è stato verificato il rispetto di tutte le soglie indicate in Tab.2.3.

Il confronto dei carichi idraulici istantanei con le soglie di Alto e Basso Livello Istantaneo sono riportati nei precedenti grafici in Fig. 2.10-2.11 (PSC01) e Fig. 2.13-2.14 (PPC01).

In Fig. 2.15-2.16 si riporta il confronto tra i carichi idraulici nei piezometri PSC01 e PPC01, mediati nelle 24 ore, e la soglia di Basso Livello Medio.

Dai grafici risulta che:

- la soglia di Alto Livello Istantaneo e Medio risulta rispettata in entrambe le postazioni e per tutto il periodo di monitoraggio (01/05/13 - 30/04/14);
- le soglie di Basso Livello Istantaneo e Medio sono rispettate nel piezometro PSC01 per tutto il periodo di monitoraggio;
- nel periodo 01/05/13 - 06/04/14, le soglie di Basso Livello Istantaneo e Medio sono state superate nel piezometro PPC01, a causa del pompaggio di dewatering. In seguito alla sua interruzione in data 10/03/14 e alla conseguente risalita dei carichi idraulici, a partire dal 07/04/14 le soglie di Basso Livello Istantaneo e Medio sono rispettate anche nel piezometro profondo PPC01.

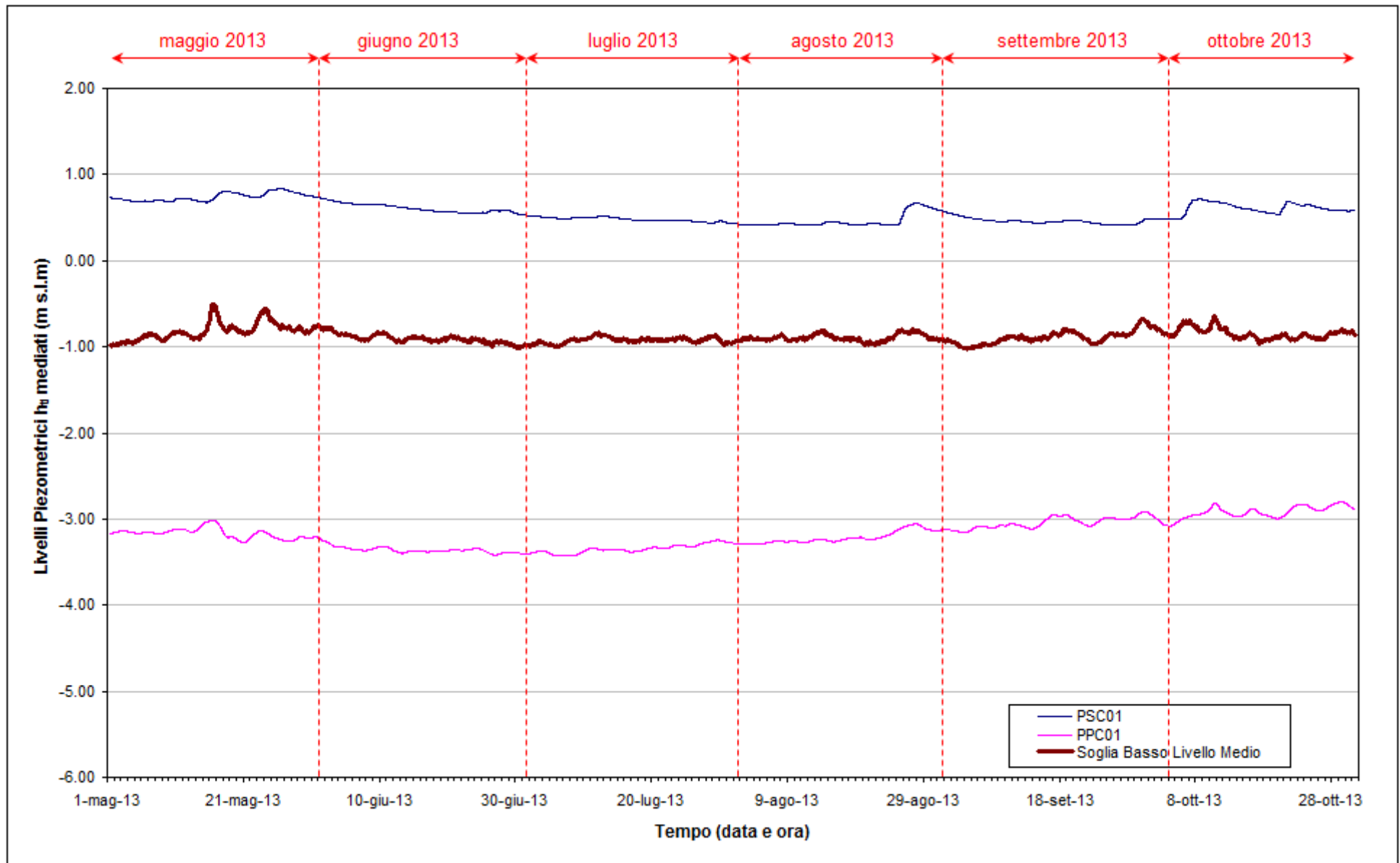


Fig. 2.15 - Soglia di Basso Livello Medio nei piezometri PSC01 e PPC01 nel periodo di monitoraggio 01/05/2013 - 31/10/2013.

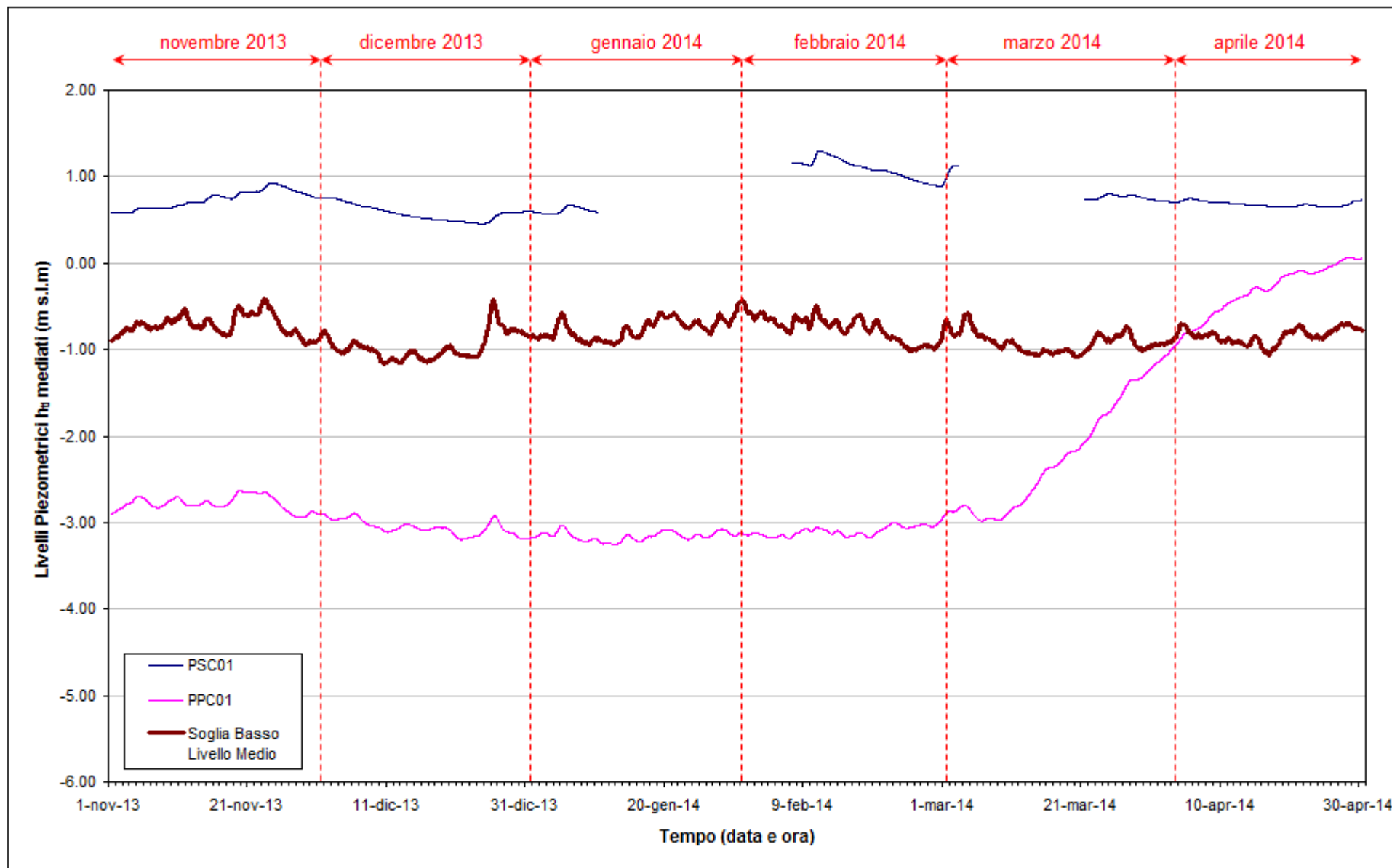


Fig. 2.16 - Soglia di Basso Livello Medio nei piezometri PSC01 e PPC01 nel periodo di monitoraggio 01/11/2013 - 30/04/2014.

2.4 Analisi della salinità dell'acqua di falda

Nei paragrafi che seguono vengono analizzati i risultati del monitoraggio dell'evoluzione della salinità dell'acqua di falda, che viene effettuato con rilievi mensili della conducibilità elettrica nel piezometro superficiale PSC01 e nel piezometro profondo PPC01, utilizzando una sonda multiparametrica Solinst TLC 107. In ciascuna postazione, dopo aver misurato la soggiacenza, si è proceduto alla lettura dei dati di temperatura e conduttanza specifica. Il primo valore è stato determinato posizionando lo strumento a 10 cm di profondità rispetto al pelo libero dell'acqua, mentre i successivi sono stati misurati a profondità crescenti, ad intervalli costanti di 1 metro, fino al raggiungimento del fondo foro.

Nel capitolo 2.4.1 si riportano i profili di densità dell'acqua di falda, calcolati utilizzando una correlazione empirica che lega questa grandezza alla conducibilità elettrica e alla temperatura. I profili vengono confrontati con la situazione *ante operam*.

Nel capitolo 2.4.2 si riporta un confronto grafico dei valori di conducibilità elettrica rilevati nei 12 mesi di monitoraggio, che permette di comprendere le dinamiche stagionali di questo parametro.

2.4.1 Profili verticali di densità

In questo paragrafo sono presentati i profili di densità dell'acqua di falda, calcolati utilizzando i dati grezzi di conduttanza misurati tramite sonda multiparametrica durante i rilievi mensili. Il calcolo della densità dell'acqua di falda è stato effettuato utilizzando le formule empiriche riportate nel rapporto "Studio B.6.72 B/2, II Rapporto di Valutazione (Febbraio 2007)".

In Fig.2.17 sono rappresentati i profili di densità del piezometro superficiale PSC01. In Fig.2.18 quelli relativi al piezometro profondo PPC01 ed è evidenziata (con un tratto più spesso) la posizione della finestratura.

In ciascuna figura è inoltre riportato il confronto con il profilo di conducibilità elettrica misurato in fase A - *ante operam* (aprile 2007), rispetto al quale si osserva una diminuzione di questo parametro sia nel piezometro superficiale PSC01 che nel piezometro profondo PPC01. Tale diminuzione può essere in parte motivata dalla presenza della barriera impermeabile della tura, che ha causato l'isolamento di una porzione dei due acquiferi dal mare.

Nel periodo monitorato (maggio 2013 - aprile 2014) si osserva un incremento della densità dell'acqua di falda nel piezometro profondo PPC01, mentre nel piezometro superficiale PSC01 non si osservano variazioni apprezzabili tra l'inizio e la fine dell'anno di monitoraggio.

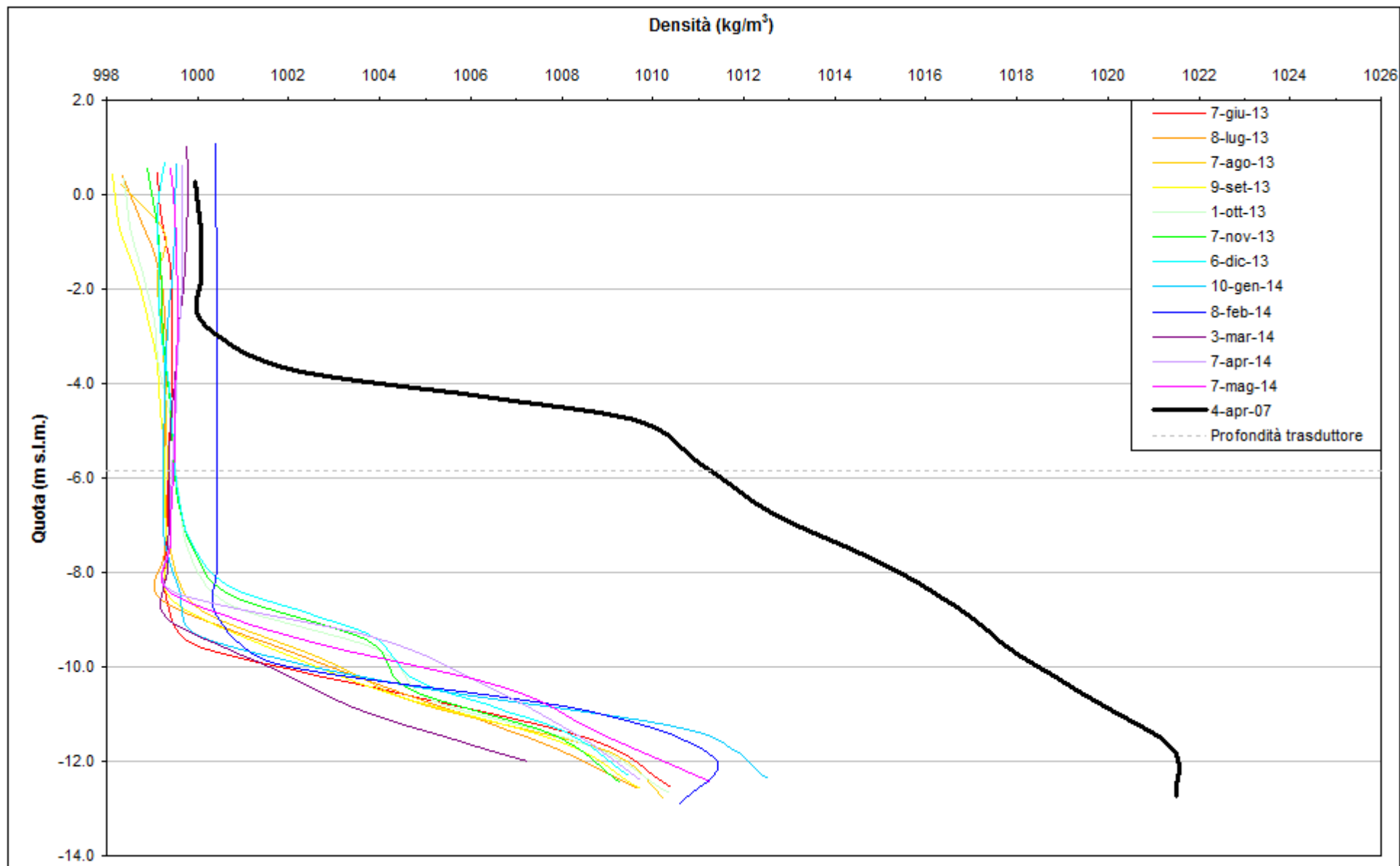


Fig. 2.17 - Profili verticali di densità PSC01.

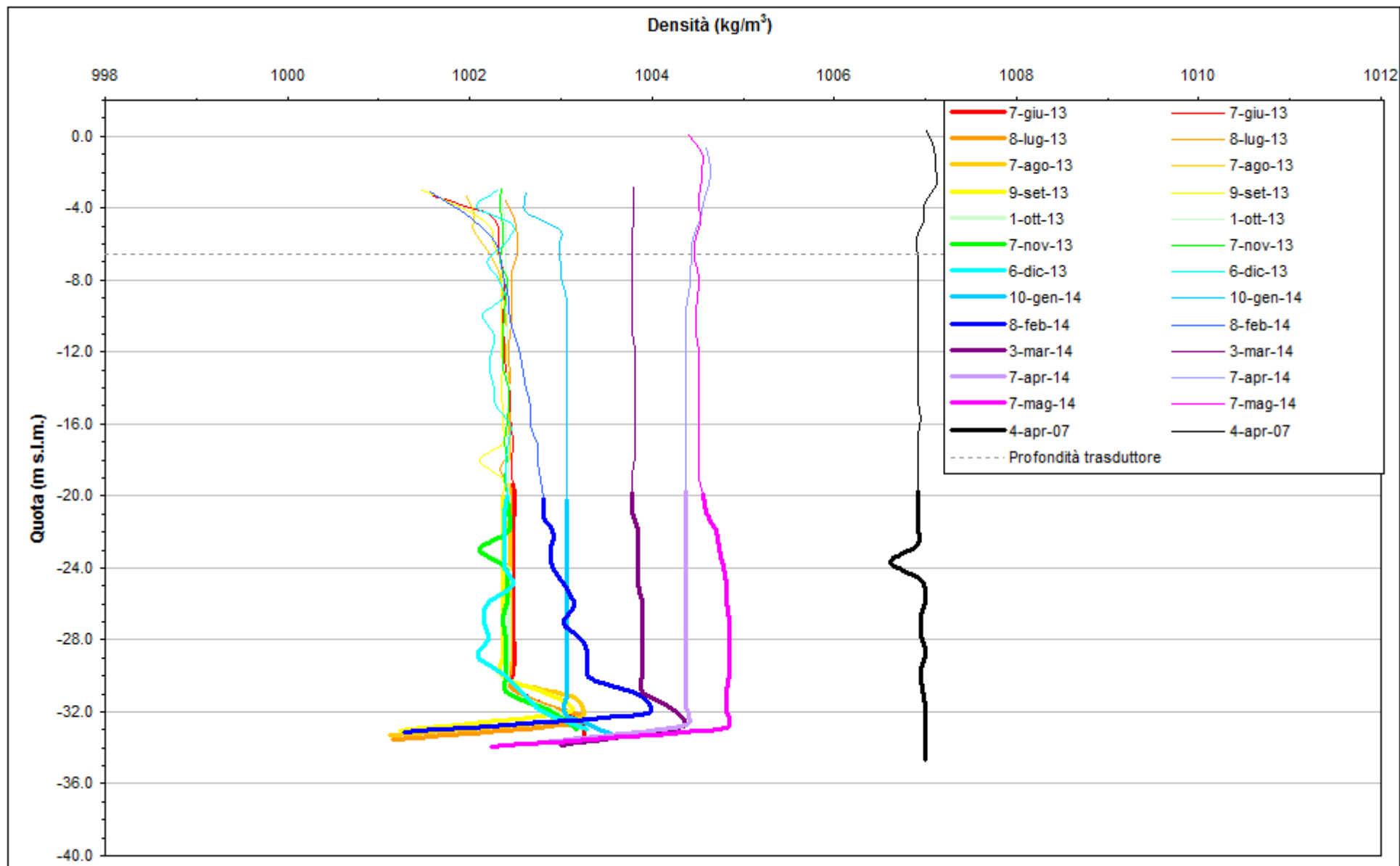


Fig. 2.18 - Profili verticali di densità PPC01.

2.4.2 Andamento stagionale della conducibilità elettrica

In questo paragrafo si analizza la variazione spaziale e temporale della conducibilità elettrica specifica dell'acqua di falda nel piezometro superficiale PSC01 (Fig. 2.19) e nel piezometro profondo PPC01 (Fig. 2.20).

La conducibilità elettrica specifica è influenzata dalla presenza di ioni disciolti nell'acqua e dalla temperatura, pertanto, per poter tenere conto delle effettive variazioni dei sali presenti in acqua, nei grafici che seguono viene rappresentata la conducibilità elettrica normalizzata ad una temperatura di 25°C.

In Fig. 2.19 (piezometro superficiale PSC01) è possibile notare la separazione piuttosto netta tra acqua dolce (valori inferiori a 2000 $\mu\text{S}/\text{cm}$), salmastra (indicativamente tra 2000 e 10000 $\mu\text{S}/\text{cm}$) e salata (oltre 10000 $\mu\text{S}/\text{cm}$). Durante l'anno monitorato (mese 1: rilievo effettuato a giugno 2013; mese 12: rilievo effettuato a maggio 2014) si osserva un incremento dei valori di conducibilità dopo il periodo estivo (mesi 4-6, rilievi effettuati tra settembre e novembre 2013), attribuibile alle minori precipitazioni durante la stagione estiva.

In Fig. 2.20 (piezometro profondo PPC01) si osserva un incremento della conducibilità elettrica dell'acqua di falda durante l'anno monitorato.

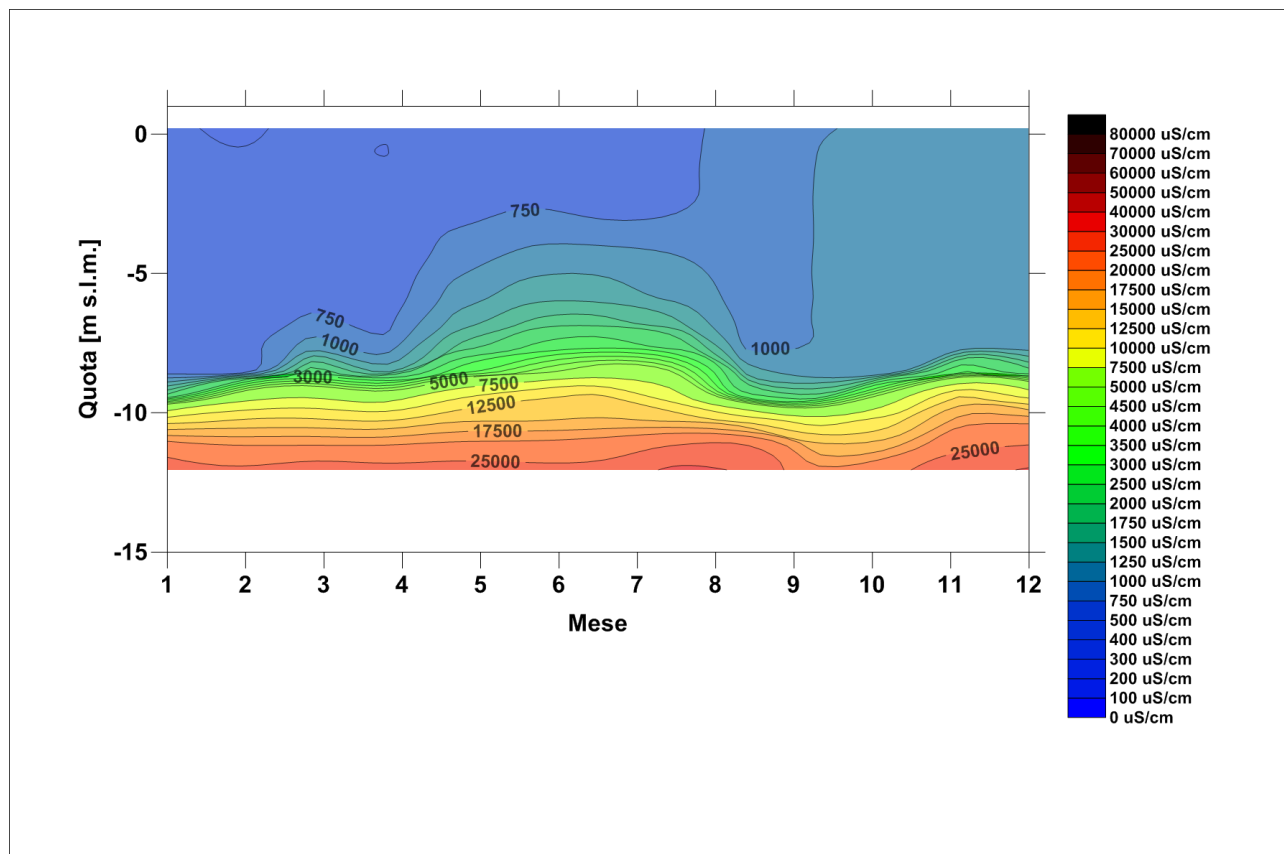


Fig. 2.19 - Andamento stagionale della conducibilità elettrica specifica dell'acqua di falda nel piezometro superficiale PSC01 (periodo misure: giugno 2013 - maggio 2014).

CORILA
ATTIVITÀ DI RILEVAMENTO PER IL MONITORAGGIO DEGLI EFFETTI PRODOTTI DALLA
COSTRUZIONE DELLE OPERE ALLE BOCCHE LAGUNARI

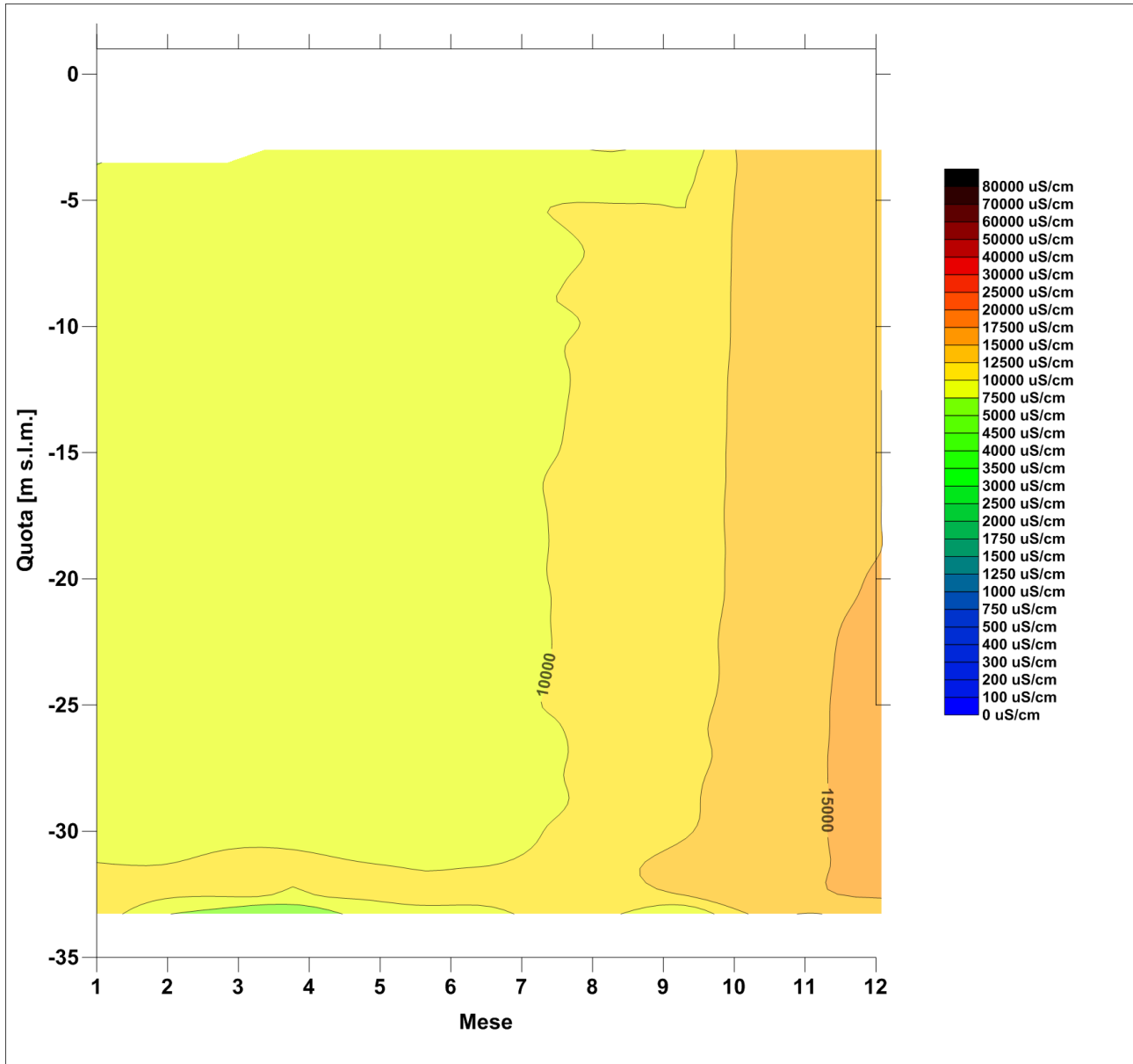


Fig. 2.20 - Andamento stagionale della conducibilità elettrica specifica dell'acqua di falda nel piezometro superficiale PSC01 (periodo misure: giugno 2013 - maggio 2014).

2.5 Conclusioni

L'analisi delle serie temporali dimostra lo stretto legame esistente tra le forzanti naturali e antropiche e i livelli di falda.

Nell'acquifero superficiale, in seguito all'installazione della barriera impermeabile lato terra della tura (avvenuta nel mese di gennaio 2008), si osserva una variazione del regime piezometrico: i livelli registrati dal piezometro superficiale PSC01 risultano svincolati dalle oscillazioni mareali in seguito all'infissione dei palancolati e allo scavo del diaframma impermeabile della tura nel mese di gennaio 2008. L'isolamento dal mare dell'acquifero superficiale ha anche provocato un leggero innalzamento del livello di falda nel piezometro PSC01 (circa 30 cm).

Tra l'inizio e la fine del periodo monitorato (01/05/13 - 30/04/14) non si osservano variazioni apprezzabili del livello di falda superficiale. Le precipitazioni totali sono state pari a 954.4 mm (fonte: stazione meteorologica "ARPA Veneto - Chioggia loc. S. Anna"), superiori alla media nel periodo 1993-2012 (pari a 788.8 mm).

L'attivazione del sistema di dewatering della tura, avvenuta nel mese di aprile 2008, ha provocato un abbassamento del carico idraulico dell'acquifero profondo, con variazioni comprese tra 350 e 500 cm nel piezometro PPC01. L'abbassamento in falda è stato progressivamente ridotto, introducendo affinamenti al sistema di dewatering che hanno permesso di ridurre la portata emunta da 4000 m³/d (aprile 2008) a 2100 m³/d (settembre 2010), incrementandola successivamente a 3000 m³/d (ottobre 2011) (fonte: Consorzio Venezia Nuova).

In data 10/03/2014 il pompaggio di dewatering è stato interrotto e si è proceduto all'allagamento della tura di Ca' Roman. Da questa data alla fine del periodo di monitoraggio (30/04/14) si osserva una risalita del carico idraulico di circa 300 cm, che presumibilmente si protrarrà nei prossimi mesi fino al recupero totale della configurazione *ante operam*.

Nel periodo monitorato (maggio 2013 - aprile 2014) si osserva un incremento della densità dell'acqua di falda nel piezometro profondo PPC01. Nel piezometro superficiale PSC01 non si osservano variazioni apprezzabili tra l'inizio e la fine dell'anno di monitoraggio, ma si sono verificate variazioni durante l'anno: in particolare si riscontra un incremento della densità al termine dell'estate, seguito da una diminuzione durante l'autunno e l'inverno a causa dell'infiltrazione delle precipitazioni piovose.

BIBLIOGRAFIA

Magistrato alle Acque di Venezia. "Studio B.6.72 B/1 Attività di rilevamento per il monitoraggio degli effetti prodotti dalla costruzione delle opere alle bocche lagunari - Macroattività: livelli di falda", Rapporto di Pianificazione Operativa, Dicembre 2005. Consorzio Venezia Nuova - Esecutore CORILA.

Magistrato alle Acque di Venezia. "Studio B.6.72 B/1 Attività di rilevamento per il monitoraggio degli effetti prodotti dalla costruzione delle opere alle bocche lagunari - Macroattività: livelli di falda", Rapporto di Variabilità Attesa, Dicembre 2005. Consorzio Venezia Nuova - Esecutore CORILA.

Magistrato alle Acque di Venezia. "Studio B.6.72 B/2 Attività di rilevamento per il monitoraggio degli effetti prodotti dalla costruzione delle opere alle bocche lagunari - Macroattività: livelli di falda", II Rapporto di Valutazione, Febbraio 2007. Consorzio Venezia Nuova - Esecutore CORILA.

Magistrato alle Acque di Venezia. "Studio B.6.72 B/9 Attività di rilevamento per il monitoraggio degli effetti prodotti dalla costruzione delle opere alle bocche lagunari - Macroattività: livelli di falda", Rapporti mensili da Maggio 2013 ad Aprile 2014. Consorzio Venezia Nuova - Esecutore CORILA.

Magistrato alle Acque di Venezia. "Studio B.6.72 B/9 Attività di rilevamento per il monitoraggio degli effetti prodotti dalla costruzione delle opere alle bocche lagunari - Macroattività: livelli di falda", I Rapporto di Valutazione, Settembre 2013. Consorzio Venezia Nuova - Esecutore CORILA.

Magistrato alle Acque di Venezia. "Studio B.6.72 B/9 Attività di rilevamento per il monitoraggio degli effetti prodotti dalla costruzione delle opere alle bocche lagunari - Macroattività: livelli di falda", II Rapporto di Valutazione, Gennaio 2014. Consorzio Venezia Nuova - Esecutore CORILA.

Magistrato alle Acque di Venezia. "Studio B.6.72 B/9 Attività di rilevamento per il monitoraggio degli effetti prodotti dalla costruzione delle opere alle bocche lagunari - Macroattività: livelli di falda", III Rapporto di Valutazione, Maggio 2014. Consorzio Venezia Nuova - Esecutore CORILA.