



Consorzio per la Gestione del Centro  
di Coordinamento delle Attività di Ricerca  
inerenti il 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/3**

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

Contratto prot.n. 16514 si/gce/fbe

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

Versione **1.1**

Emissione **4 Luglio 2008**

Redazione

Verifica

Verifica

Approvazione

Ing. Alessandro Casasso  
(POLITECNICO TORINO)

Ing. Rajandrea Sethi  
(POLITECNICO TORINO)

Prof. Ing. Antonio Di Molfetta Ing. Pierpaolo Campostrini

## INDICE

<b>INTRODUZIONE.....</b>	<b>3</b>
<b>PARTE PRIMA: MONITORAGGIO CANTIERE DI PUNTA SABBIONI.....</b>	<b>4</b>
<b>1. INTRODUZIONE.....</b>	<b>5</b>
<b>2. ANALISI DEI DATI.....</b>	<b>7</b>
2.1 Descrizione delle forzanti naturali .....	7
2.1.1 <i>Precipitazioni</i> .....	7
2.1.2 <i>Livello del mare</i> .....	8
2.1.3 <i>Pressione atmosferica - <math>h_b</math></i> .....	8
2.2 Piezometri superficiali – primo livello acquifero (Strato A).....	15
2.3 Piezometri profondi – secondo livello acquifero (Strato C).....	42
<b>3. VERIFICA DEL RISPETTO DELLE SOGLIE DI AZIONE .....</b>	<b>69</b>
<b>4. ANALISI DELLA DENSITÀ DELL'ACQUA DI FALDA.....</b>	<b>71</b>
4.1 Profili verticali di densità.....	71
<b>5. CONCLUSIONI .....</b>	<b>94</b>
<b>PARTE SECONDA: MONITORAGGIO CANTIERE DI CA' ROMAN.....</b>	<b>95</b>
<b>6. INTRODUZIONE.....</b>	<b>96</b>
<b>7. ANALISI DEI DATI.....</b>	<b>97</b>
7.1 Descrizione delle forzanti naturali .....	97
7.1.1 <i>Precipitazioni</i> .....	97
7.1.2 <i>Livello del mare</i> .....	98
7.1.3 <i>Pressione atmosferica - <math>h_b</math></i> .....	98
7.2 Piezometro superficiale – primo livello acquifero (Strato A).....	105
7.3 Piezometro profondo – secondo livello acquifero (Strato C).....	108
<b>8. VERIFICA DEL RISPETTO DELLE SOGLIE DI AZIONE .....</b>	<b>113</b>
<b>9. ANALISI DELLA DENSITÀ DELL'ACQUA DI FALDA.....</b>	<b>115</b>
9.1 Profili verticali di densità.....	115
<b>10. CONCLUSIONI .....</b>	<b>118</b>

## INTRODUZIONE

Nell'ambito degli interventi per la salvaguardia di Venezia, il presente documento descrive l'analisi dei risultati del monitoraggio degli effetti delle attività di cantiere alla Bocca di Lido (loc. Punta Sabbioni - Cavallino Treporti (VE)) e alla Bocca di Chioggia (loc. Ca' Roman - Pellestrina (VE)) sui livelli di falda, come previsto dal Disciplinare Tecnico (Studio B.6.72 B/3 "Attività di Rilevamento per il monitoraggio degli effetti prodotti dalla costruzione delle opere alle bocche lagunari", Febbraio 2007).

Sono stati utilizzati i dati raccolti da una rete di monitoraggio composta da:

- 11 postazioni in località Punta Sabbioni, ciascuna composta da un piezometro profondo (profondità 25 m) e superficiale (profondità 15 m) dotati di trasduttori di livello "Levellogger Solinst";
- 1 postazione in località Ca' Roman, composta da un piezometro profondo (profondità 37,2 m) e superficiale (profondità 15 m) dotati di trasduttori di livello "Levellogger Solinst";
- 3 trasduttori di pressione "Barologger Solinst" (2 in località Punta Sabbioni, 1 in località Ca' Roman);
- 2 stazioni meteorologiche: la stazione "MET300R" in località Punta Sabbioni e la stazione "Molo Ceppe" alla Bocca di Malamocco, per l'acquisizione dei dati pluviometrici.

Sono stati inoltre rilevati, in ciascun piezometro, i profili di conduttività elettrica specifica ( $\mu S / cm$ ), utilizzando una sonda multiparametro "TLC Solinst".

I dati acquisiti nel periodo 1 maggio 2007 - 30 aprile 2008 sono stati elaborati e correlati alle forzanti naturali (pressione atmosferica, livello del mare e precipitazione) agenti sui livelli di falda.

Il monitoraggio è finalizzato all'individuazione degli effetti delle attività di cantiere, ed in particolare l'emungimento dei pozzi di dewatering nelle ture (forzanti antropiche). A tale scopo sono state definite delle soglie di azione ("Rapporto di Variabilità Attesa", Studio B.6.72 B/1, dicembre 2005. "Rapporto di Variabilità Attesa, Ca' Roman - Chioggia", Studio B.6.72 B/2, marzo 2007), nel caso in cui le attività di cantiere modificassero significativamente la piezometri dei due livelli acquiferi (strato A - superficiale e strato C - profondo) monitorati.

**PARTE PRIMA:  
MONITORAGGIO CANTIERE DI PUNTA  
SABBIONI**

## 1. INTRODUZIONE

La prima parte di questo documento contiene una descrizione riassuntiva dei dati raccolti a Punta Sabbioni durante il periodo di monitoraggio di Fase B compreso tra il 1 maggio 2007 e il 30 aprile 2008.

Sono al seguito riportati i tracciati relativi ai livelli piezometrici in corrispondenza delle 11 postazioni doppie di monitoraggio (Fig. 1.1) nell'intero periodo di osservazione. 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. Ogni grafico riporta il livello assoluto relativo a ciascun piezometro, il livello del mare, le precipitazioni e le Soglie di Alto e Basso Livello Istantaneo. Sono, infine, presentati i profili verticali di densità dell'acqua di falda calcolati in ciascun piezometro a partire dai profili verticali di conduttanza.

Di seguito sono riportate le coordinate dei piezometri profondi e superficiali.

Tab 1.1 Coordinate dei piezometri profondi nel sistema di riferimento Gauss - Boaga (Datum Roma 1940)

<b>Piezometro</b>	<b>E [m]</b>	<b>N [m]</b>	<b>quota [m s.l.m.]</b>
PP01	2318325.44	5035252.1	1.781
PP02	2318303.3	5034898.36	1.706
PP03	2318378.37	5034550.49	1.492
PP04	2318448.54	5034374.67	1.515
PP05	2318579.81	5034989.68	1.73
PP06	2318658.29	5034748.8	1.652
PP07	2318786.12	5034900.5	1.323
PP08	2318800.26	5034031.14	0.675
PP09	2318765.07	5035445.93	2.274
PP10	2318793.08	5035045.83	2.098
PP11	2318787.4	5034654.31	1.087

Tab 1.2 Coordinate dei piezometri superficiali nel sistema di riferimento Gauss - Boaga (Datum Roma 1940)

<b>Piezometro</b>	<b>E [m]</b>	<b>N [m]</b>	<b>quota [m s.l.m.]</b>
PS01	2318325.88	5035253.68	1.778
PS02	2318303.3	5034900.48	1.713
PS03	2318377.62	5034552.61	1.545
PS04	2318449.34	5034373.27	1.453
PS05	2318582.01	5034989.8	1.816
PS06	2318658.27	5034750.84	1.688
PS07	2318785.95	5034898.62	1.403
PS08	2318799.69	5034032.43	0.663
PS09	2318764.67	5035448	2.259
PS10	2318792.99	5035043.94	2.023
PS11	2318787.28	5034652.23	1.169

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

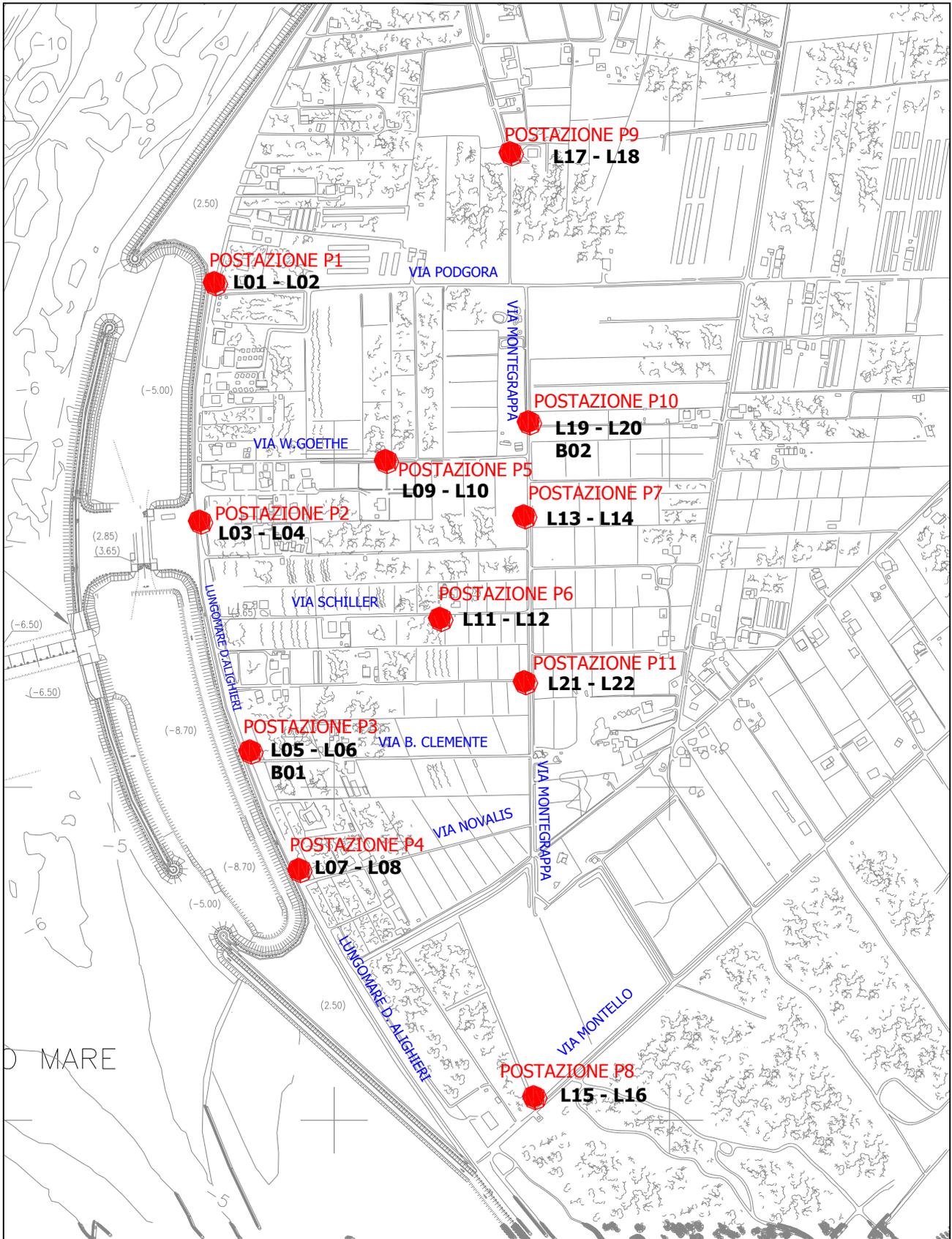


Fig. 1.1- Ubicazione delle postazioni di monitoraggio, dei Levellogger e dei Barologger

## 2. ANALISI DEI DATI

### 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 gestita dalla “Matrice Aria e Agenti Chimici”;
- oscillazioni mareali, registrate dal mareografo Diga Sud Lido (stazione di monitoraggio meteorologico dell’Istituzione Centro Previsioni e Segnalazioni Maree);
- pressione atmosferica, registrata da 2 Barologger.

#### 2.1.1 Precipitazioni

I dati di precipitazione sono stati acquisiti dalla centralina MET 3000R (ubicata presso il Circolo della Vela, Lungomare Dante Alighieri), gestita dal settore “Matrice Aria e Agenti Chimici”. Nelle Figg. 2.1-2.2 è riportato l’andamento delle precipitazioni registrate nel periodo di riferimento.

Tab.2. 1 – Eventi piovosi significativi verificatisi nel periodo di monitoraggio

DATA	DURATA [h]	ENTITÀ [mm]
02/05/07	3	7,8
04/05/07	11	44,6
28/05/07	14	30,2
01-02/06/07	15	6,2
07/06/07	3	5,2
11-12/06/07	5	5,6
04/08/07	9	5,2
10-11/08/07	7	11,2
22-23/08/07	25	14,4
30/08/07	2	7,6
05/09/07	9	23
17/09/07	1	18,6
18/09/07	5	8,6
26-28/09/07	80,6	44
24/10/07	8	5
26/10/07	20	8,4
30/10/07	20	6,8
22-23/11/07	14	5,6
24/11/07	14	5,2
07-08/12/07	11	14,8
09-10/12/07	14	5,4
12/01/08	21	10
16-17/01/08	28	28,8
03-05/02/08	39	21,8
04-05/03/08	15	27,2
07-08/03/08	35	15,4
23-24/03/08	15	9,6
09-10/04/08	9	8,6

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

DATA	DURATA [h]	ENTITÀ [mm]
12/04/08	15	7,4
15/04/08	14	16,6
18/04/08	13	9,2
21-22/04/08	32	10,8

### 2.1.2 Livello del mare

Nelle Figg. 2.3-2.4 è tracciato l'andamento del livello del mare registrato dal mareografo Diga Sud Lido durante l'anno di monitoraggio. 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.

### 2.1.3 Pressione atmosferica - $h_b$

Nell'area oggetto del monitoraggio sono presenti due Barologger B01 e B02, posizionati all'altezza del piano campagna all'interno dei due piezometri profondi PP03 e PP10. In Fig.2.5 e Fig.2.6 è riportato l'andamento dei tracciati di misura dei Barologger nel periodo di osservazione. Per la compensazione dei dati di livello è stato utilizzato il tracciato del Barologger B02.

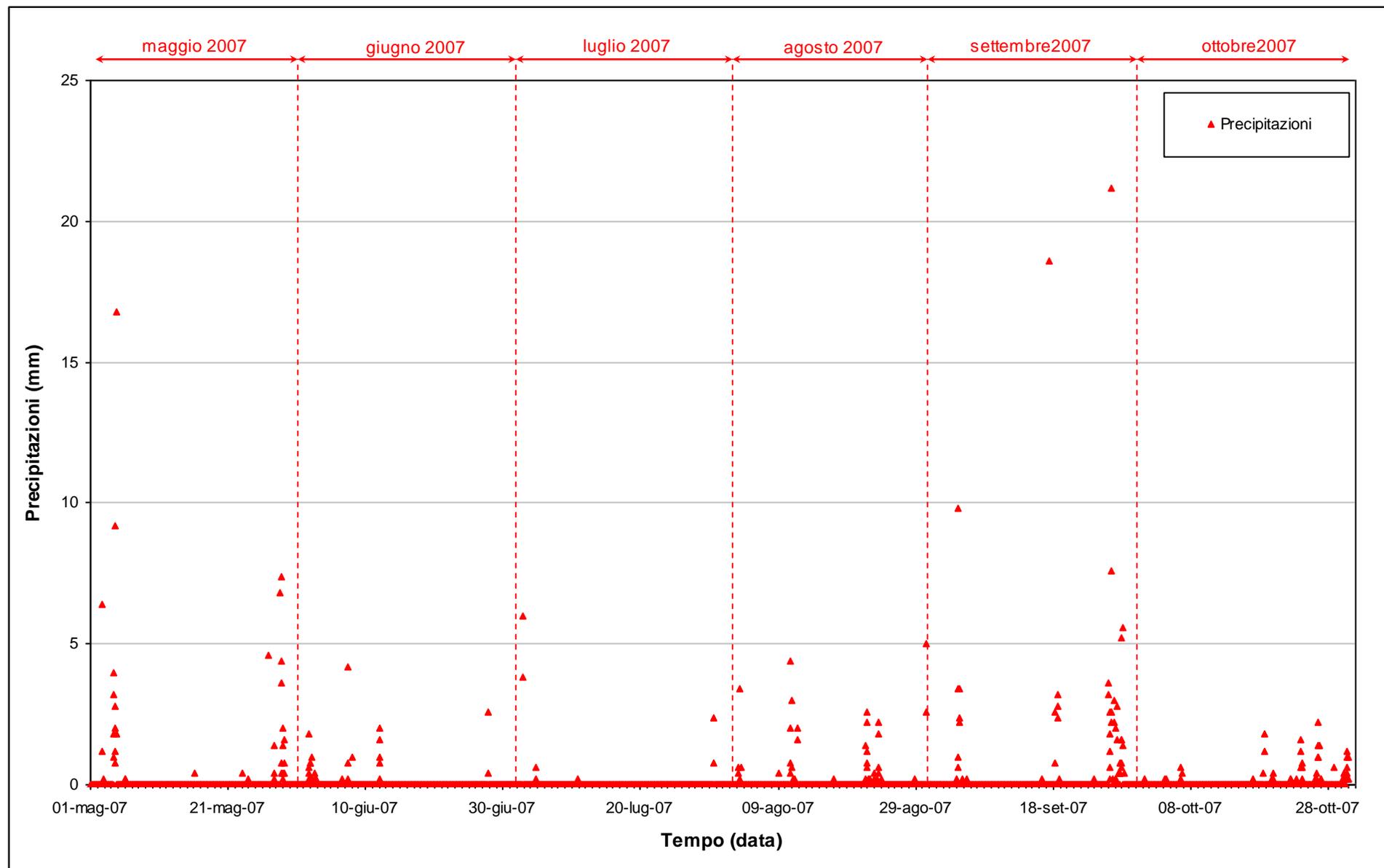


Fig. 2.1 - Precipitazioni registrate nel periodo di monitoraggio 01/05/2007 - 31/10/2007

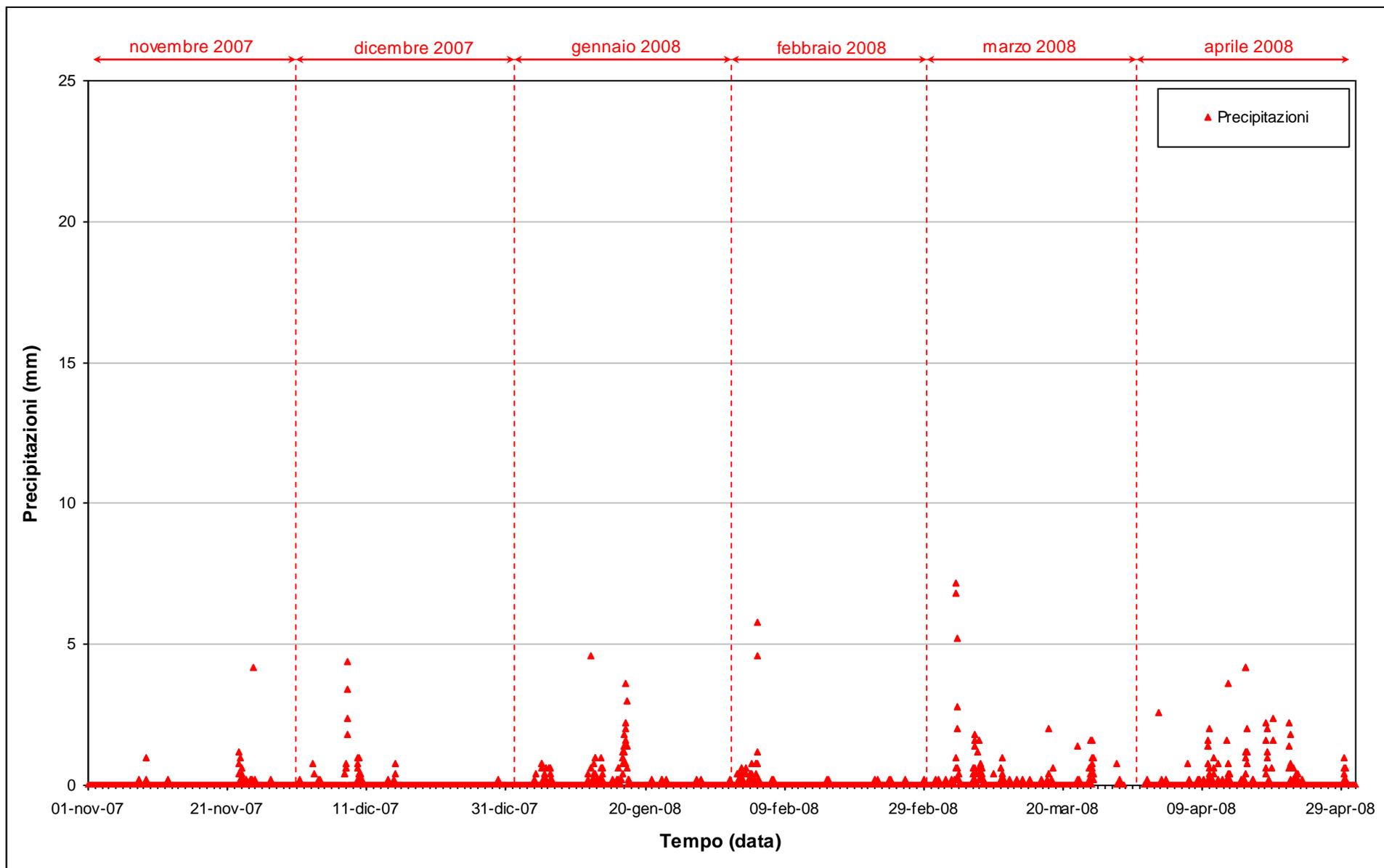


Fig. 2.2 - Precipitazioni registrate nel periodo di monitoraggio 01/11/2007 - 30/04/2008

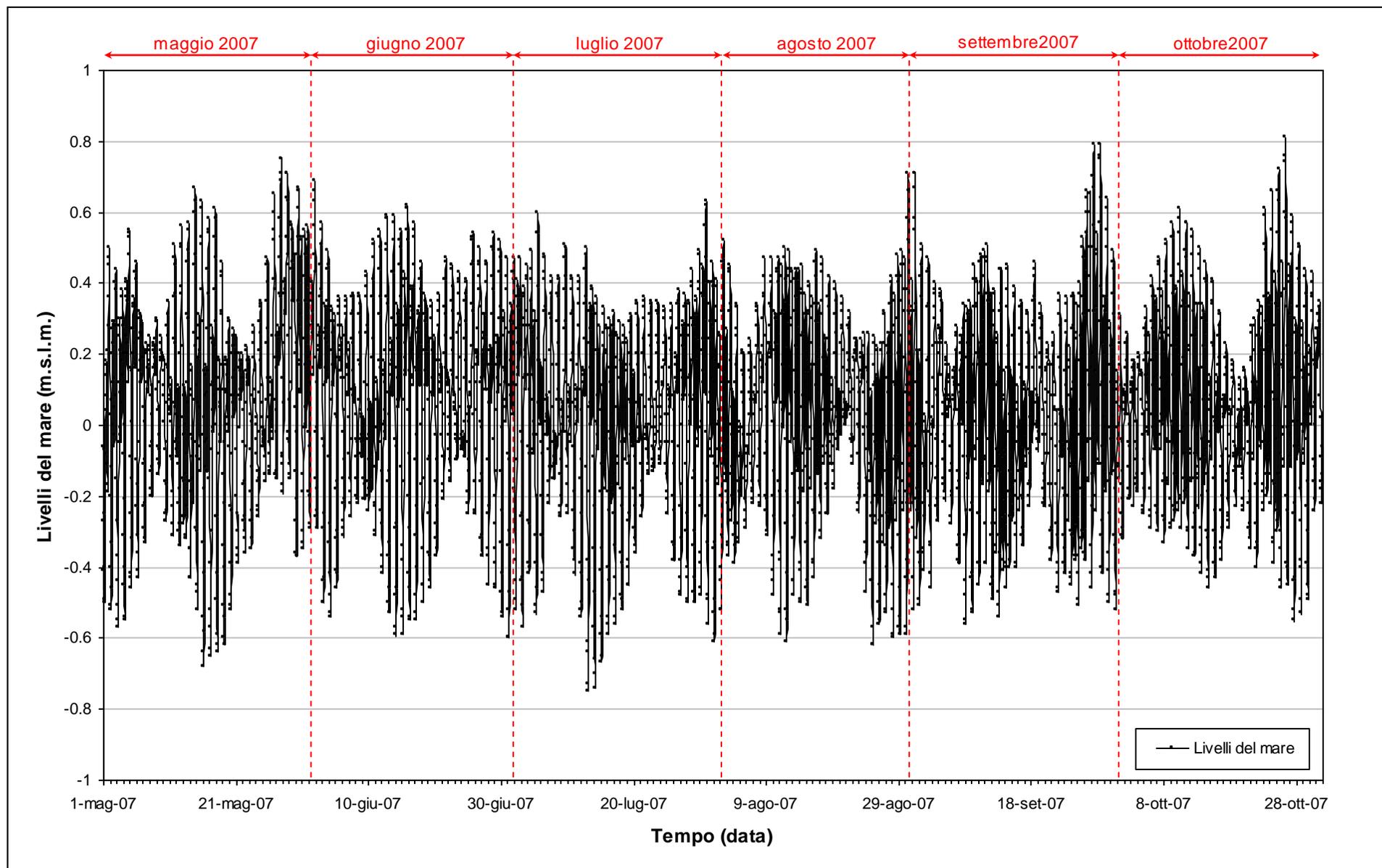


Fig. 2.3 - Livello del mare misurato in corrispondenza del mareografo Diga Sud Lido nel periodo di monitoraggio 01/05/2007 - 31/10/2007

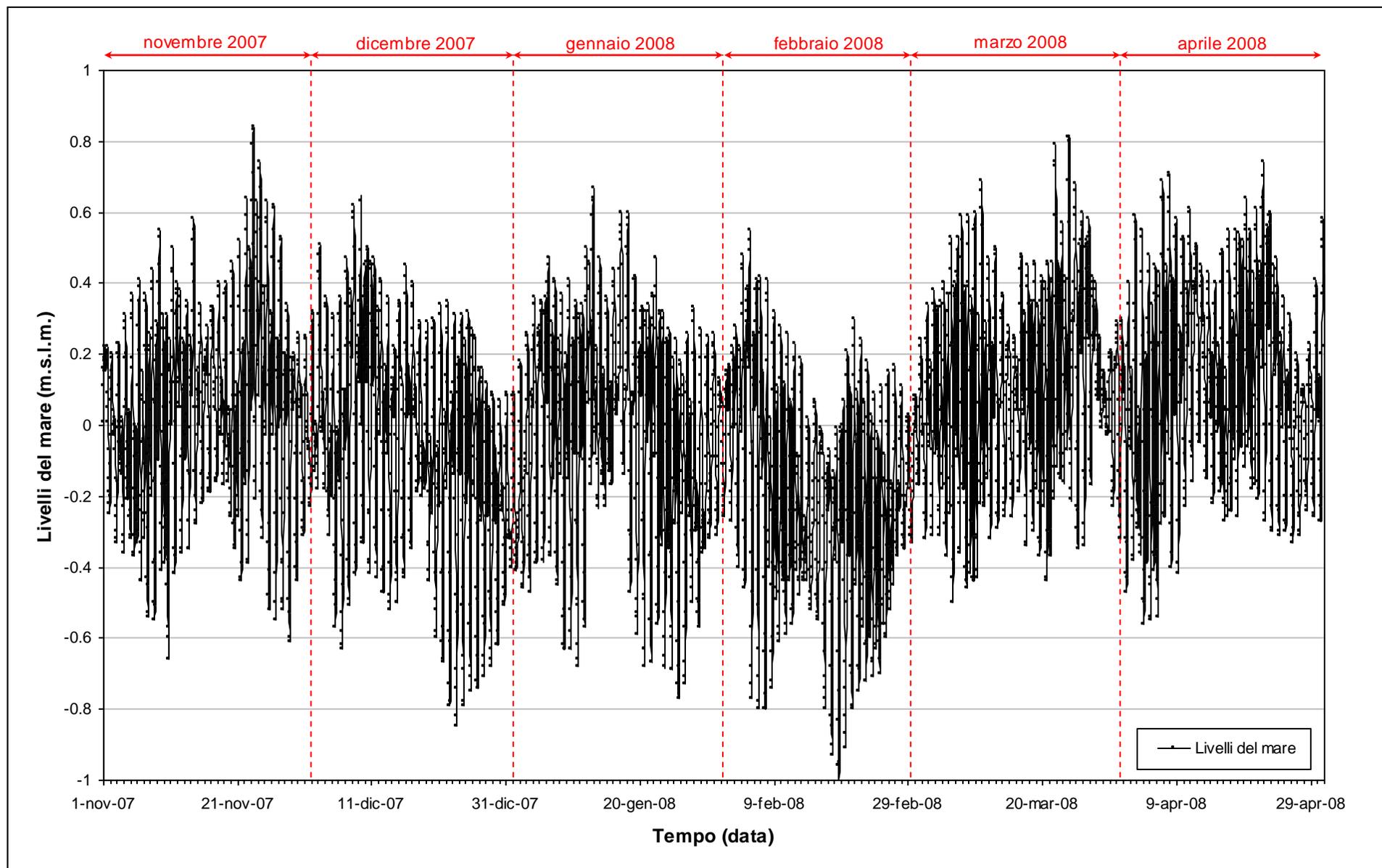
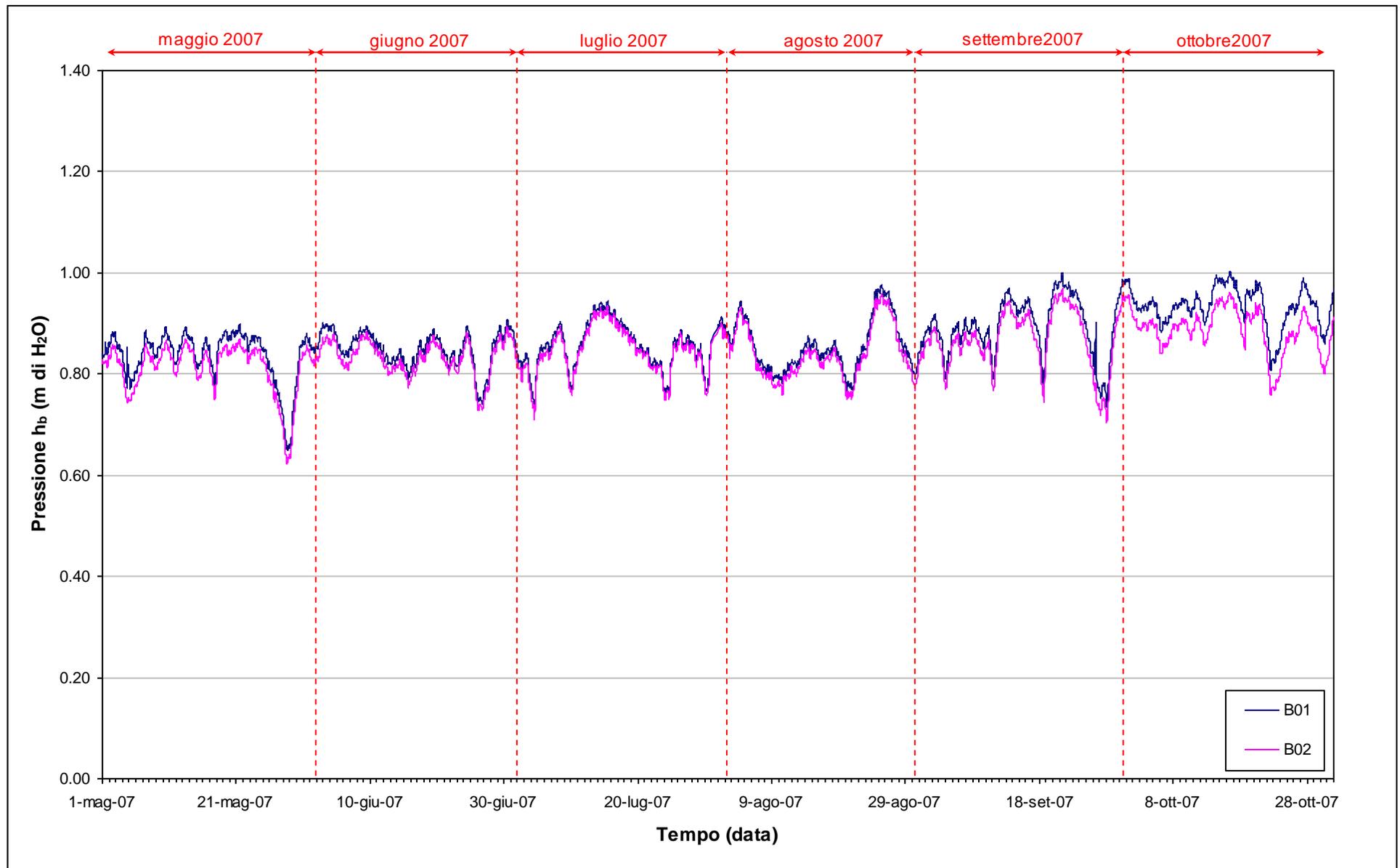
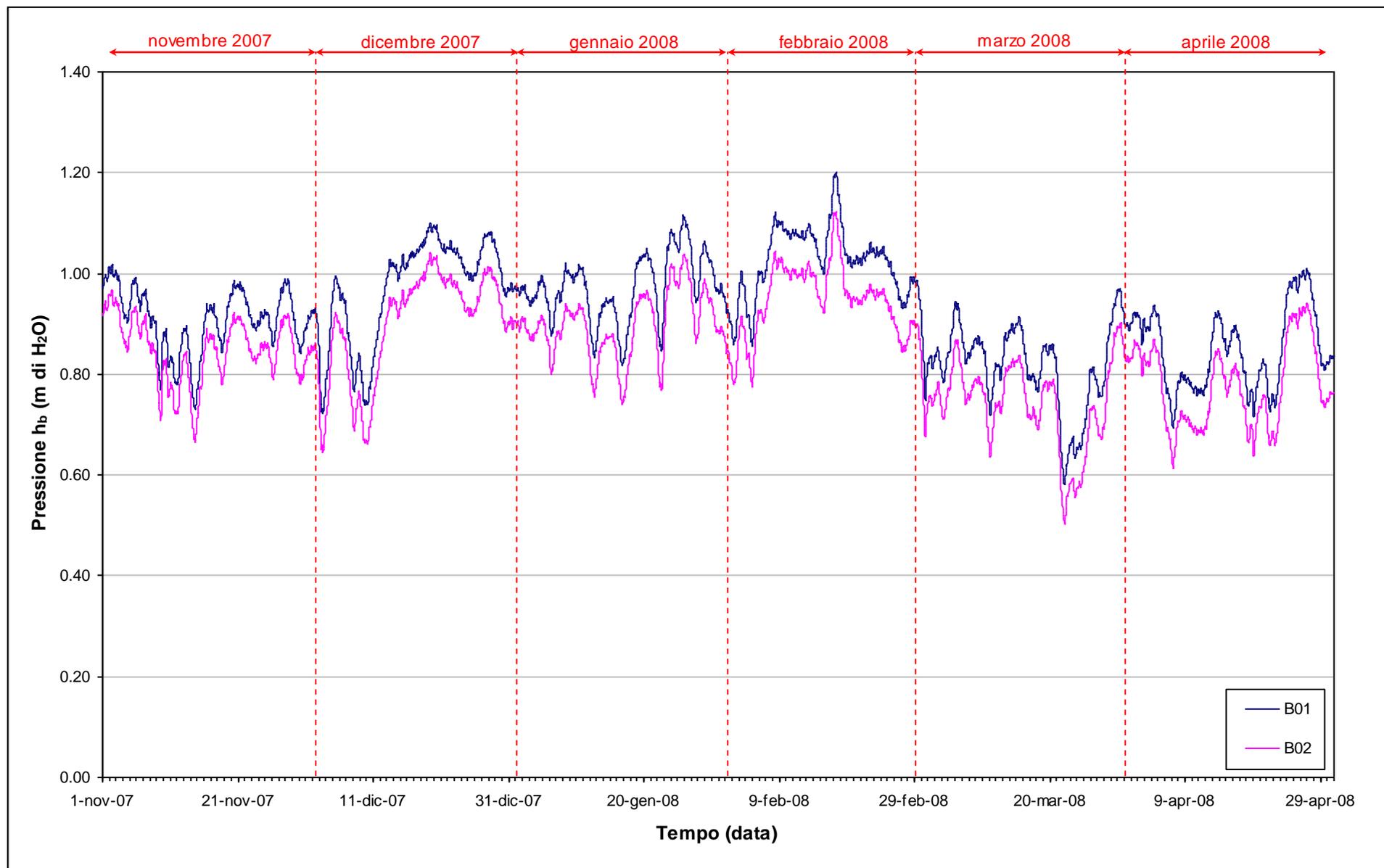


Fig. 2.4 - Livello del mare misurato in corrispondenza del mareografo Diga Sud Lido nel periodo di monitoraggio 01/11/2007 - 30/04/2008

Fig. 2.5 - Tracciati di misura dei Barologger B01 e B02 ( $h_b$ ) nel periodo di monitoraggio 01/05/2007 - 31/10/2007

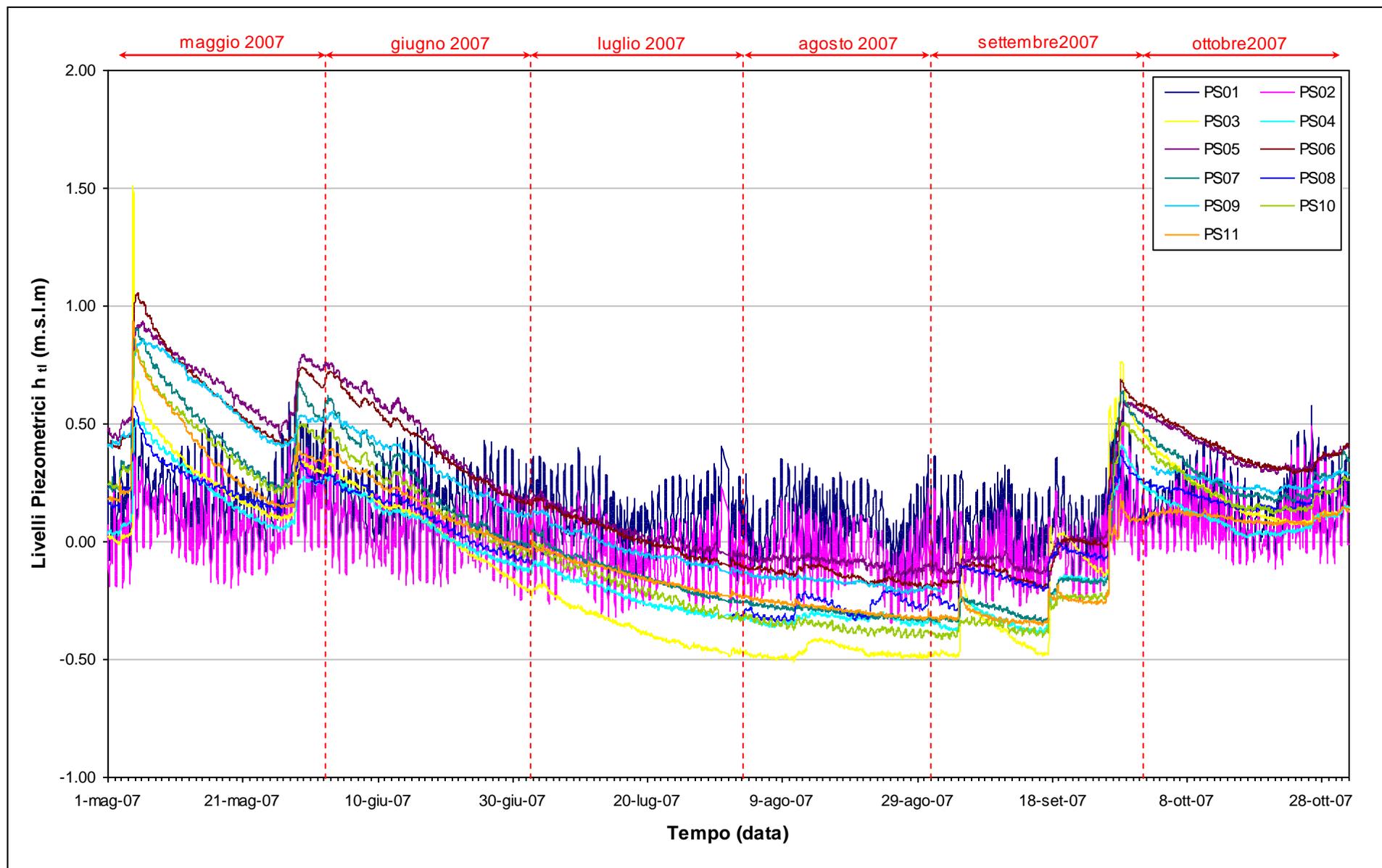
Fig. 2.6 - Tracciati di misura dei Barologger B01 e B02 ( $h_b$ ) nel periodo di monitoraggio 01/11/2007 - 30/04/2008

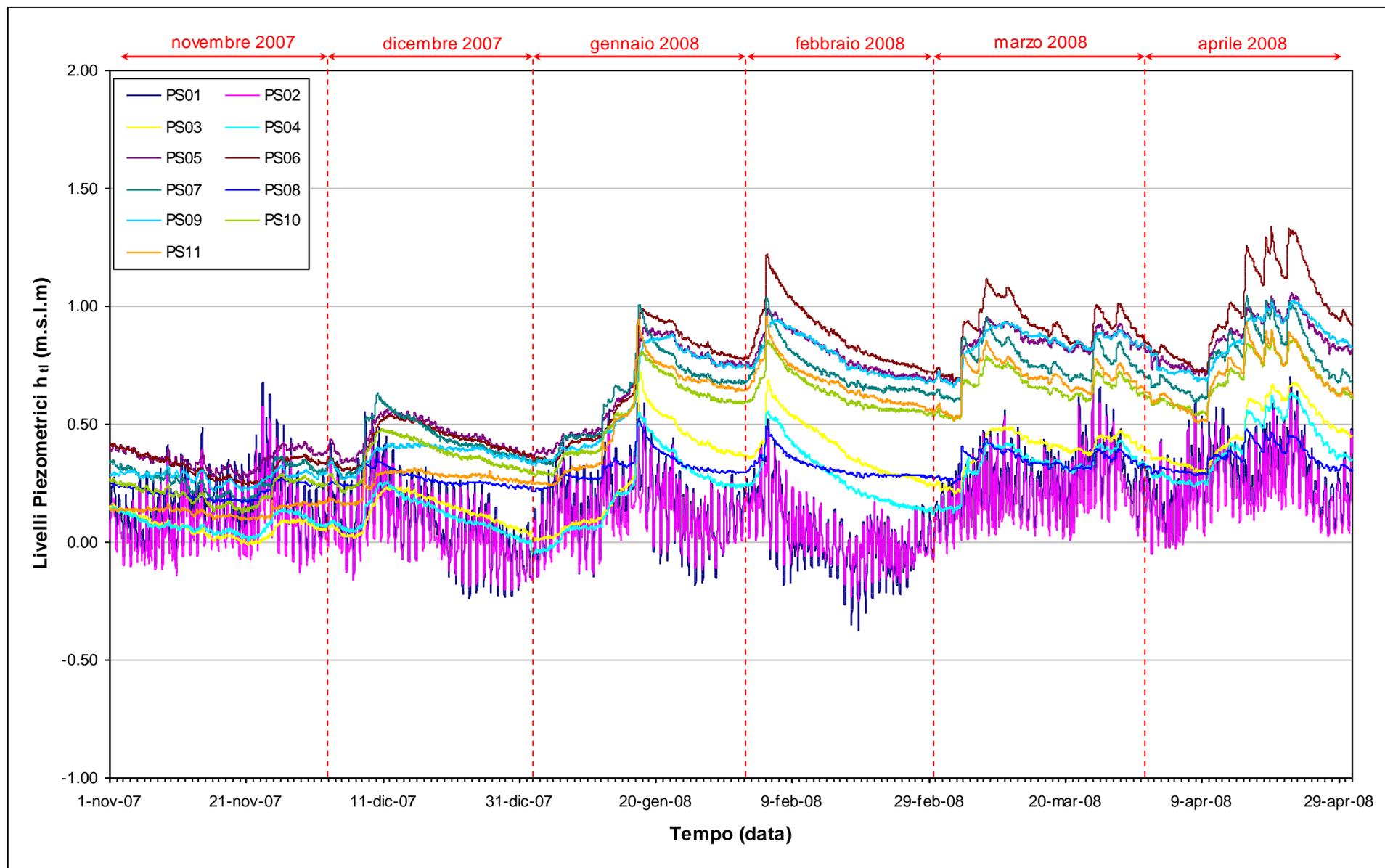
## **2.2 Piezometri superficiali - primo livello acquifero (Strato A)**

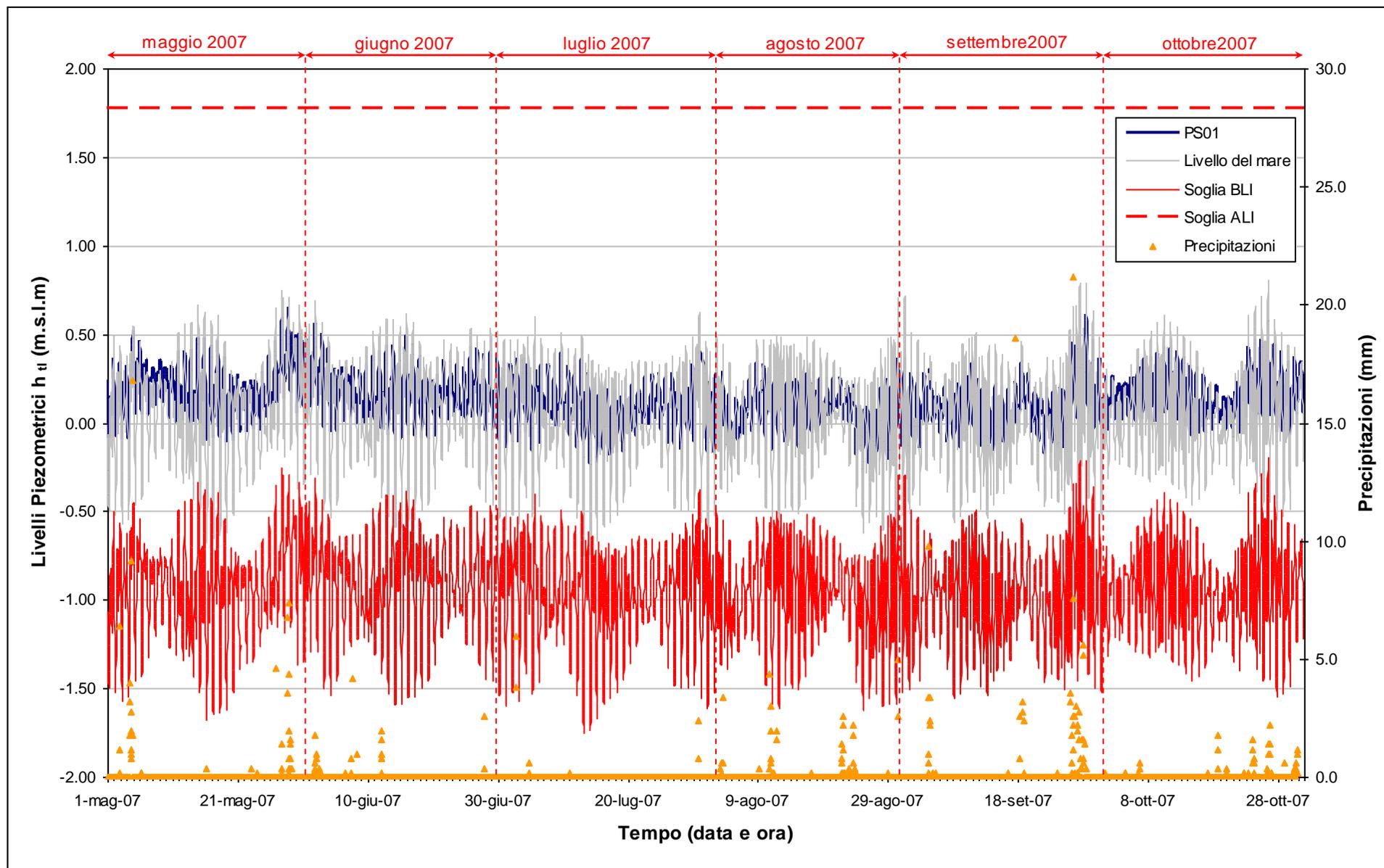
In questo paragrafo vengono presentate ed analizzate le serie temporali dei livelli assoluti degli 11 piezometri superficiali finestrati in corrispondenza del primo livello acquifero (Strato A, profondità = 0 - 15 m da piano campagna).

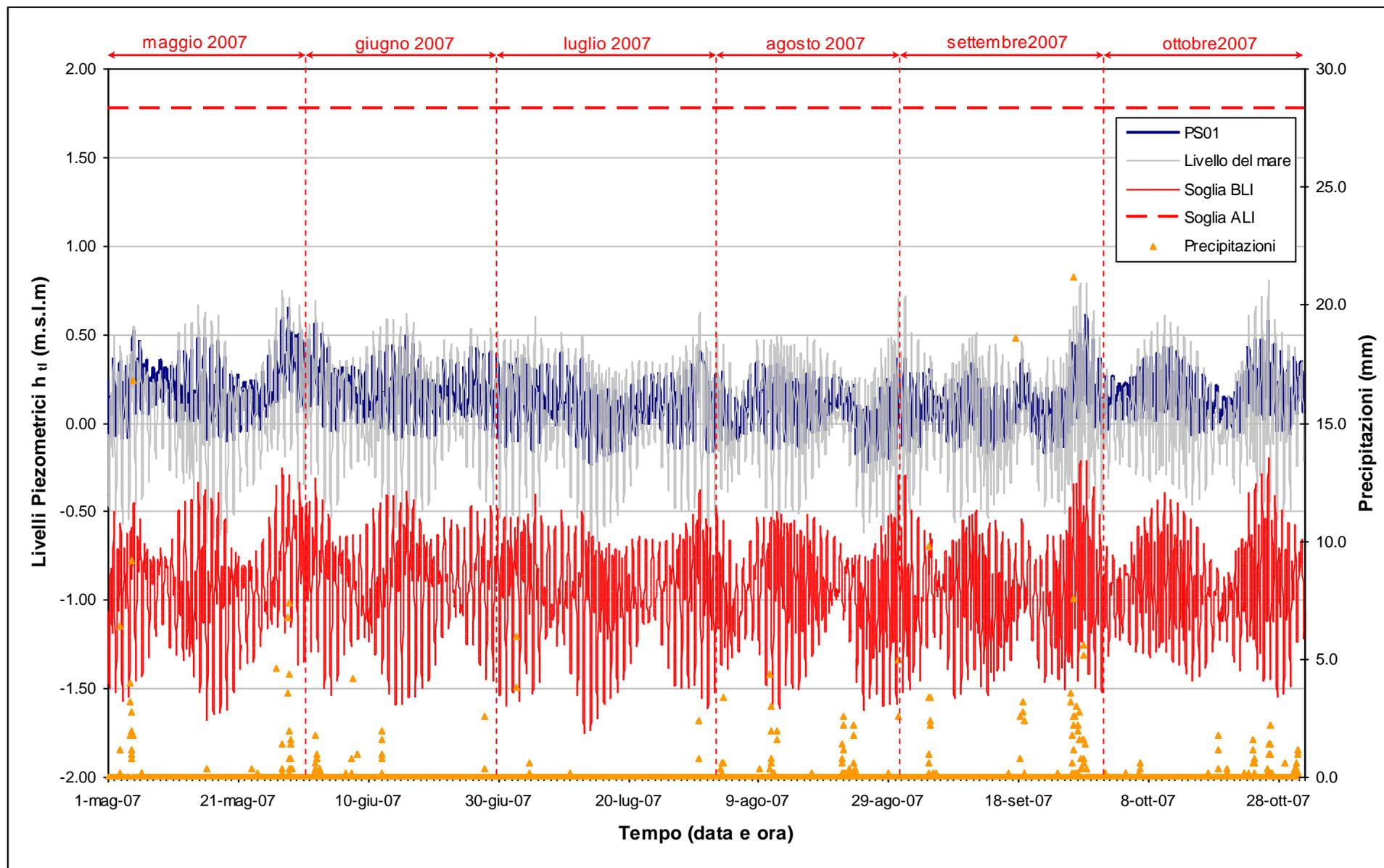
Nelle Figg.2.7-2.8 è rappresentato l'andamento complessivo degli undici piezometri, mentre nelle Figg.2.9-2.30 sono rappresentati singolarmente i livelli assoluti di ciascun piezometro, associati alle relative soglie di Alto e Basso Livello Istantaneo ed alle forzanti naturali (precipitazioni e oscillazioni mareali).

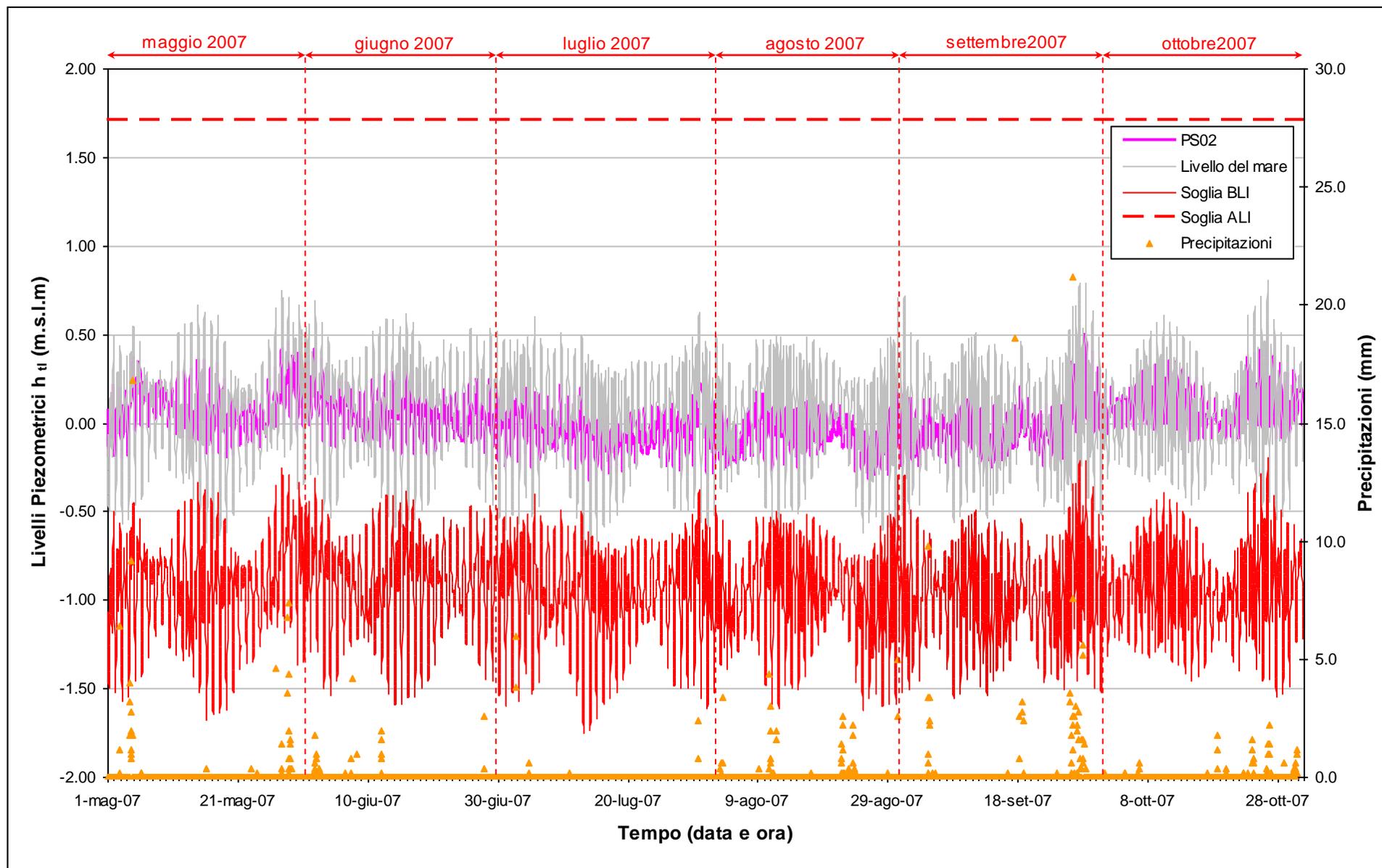
Nelle figure 2.31-2.32 sono rappresentati i livelli assoluti nei piezometri superficiali, associati alla soglia di Basso Livello Medio.

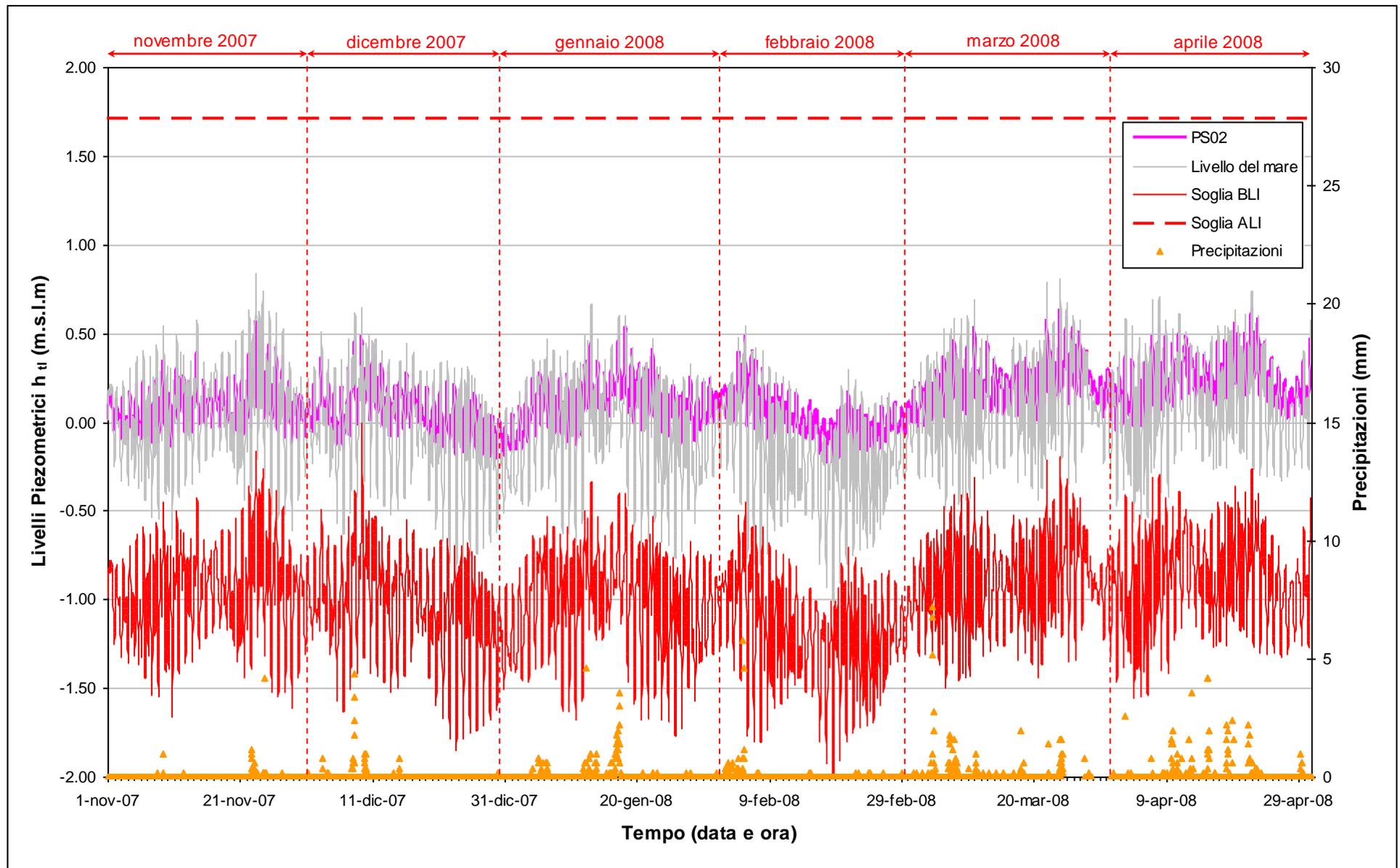
Fig. 2.7 - Livelli piezometrici ( $h_u$ ) relativi ai piezometri superficiali nel periodo di monitoraggio 01/05/2007 - 31/10/2007

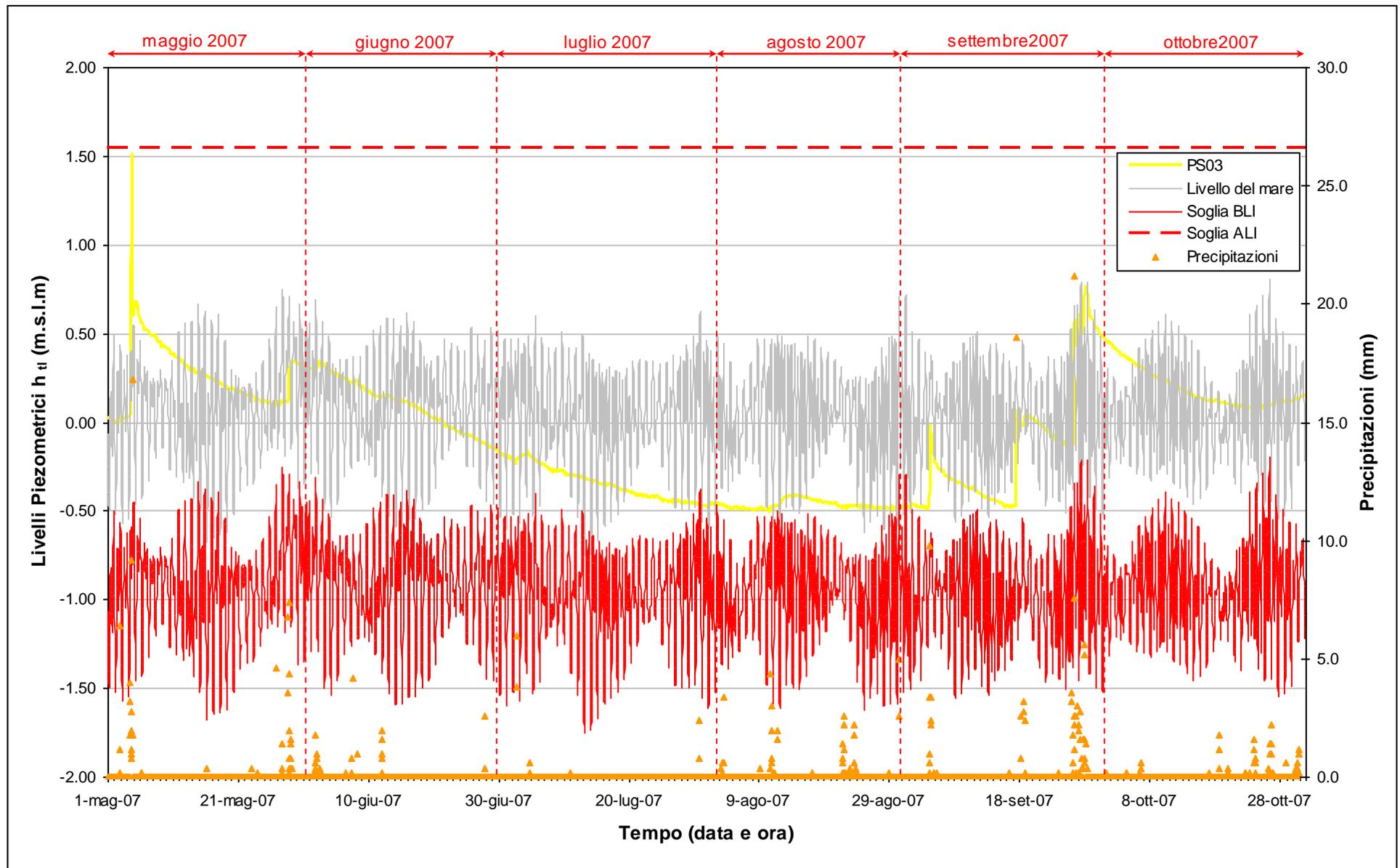
Fig. 2.8 - Livelli piezometrici ( $h_u$ ) relativi ai piezometri superficiali nel periodo di monitoraggio 01/11/2007 - 30/04/2008

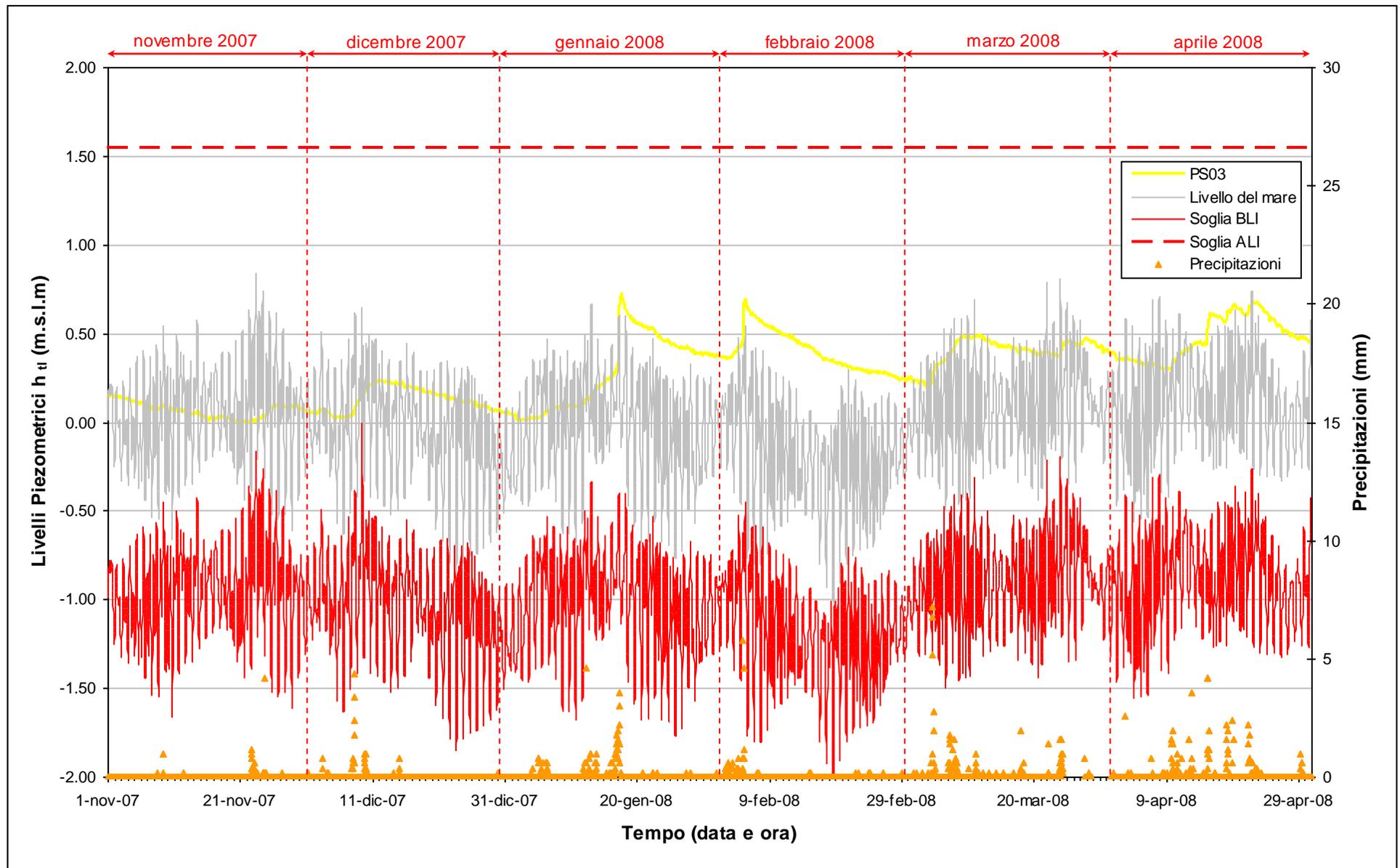
Fig. 2.9 - Livelli piezometrici ( $h_u$ ) relativi al piezometro superficiale PS01 nel periodo di monitoraggio 01/05/2007 - 31/10/2007

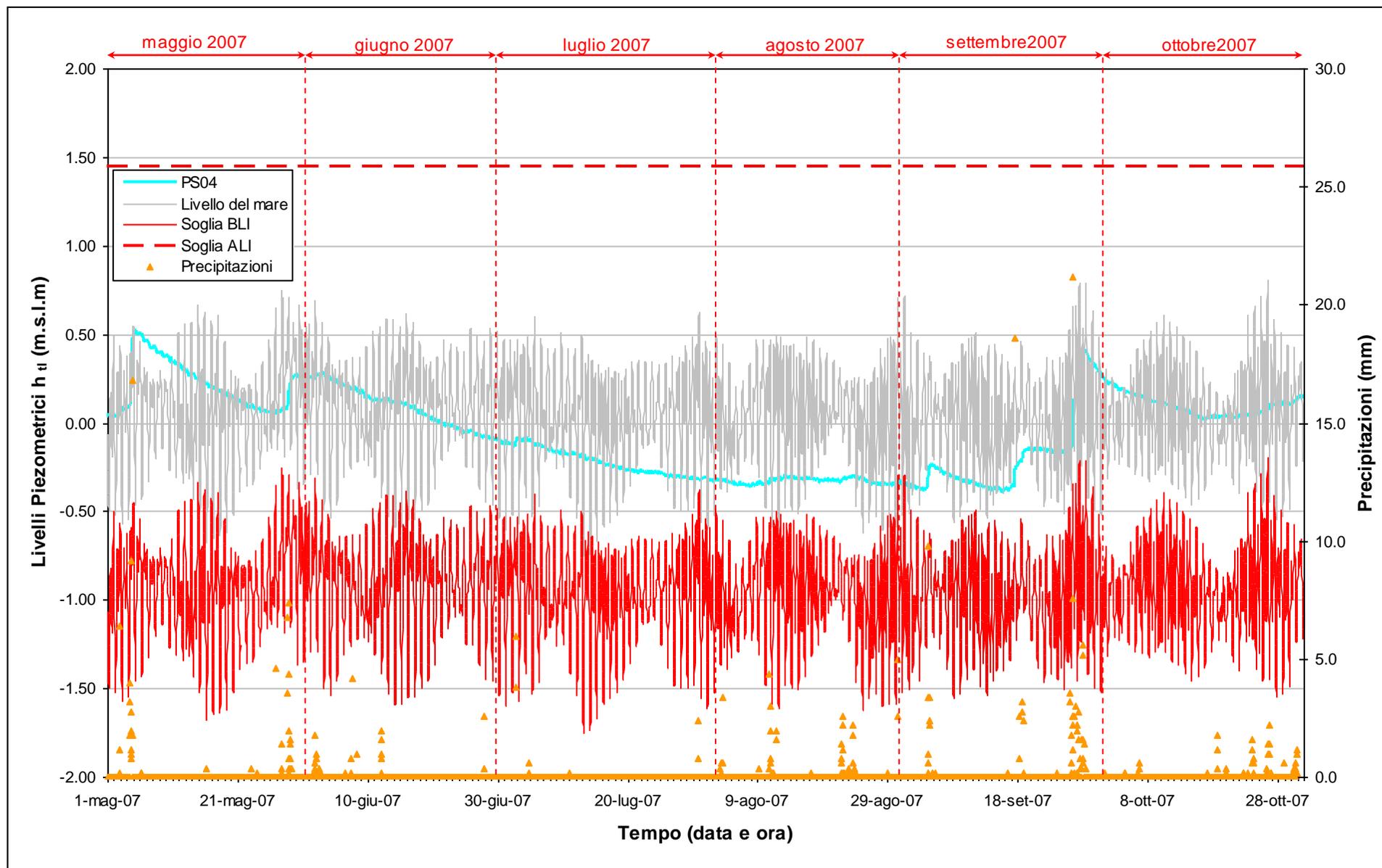
Fig. 2.10 - Livelli piezometrici ( $h_u$ ) relativi al piezometro superficiale PS01 nel periodo di monitoraggio 01/11/2007 - 30/04/2008

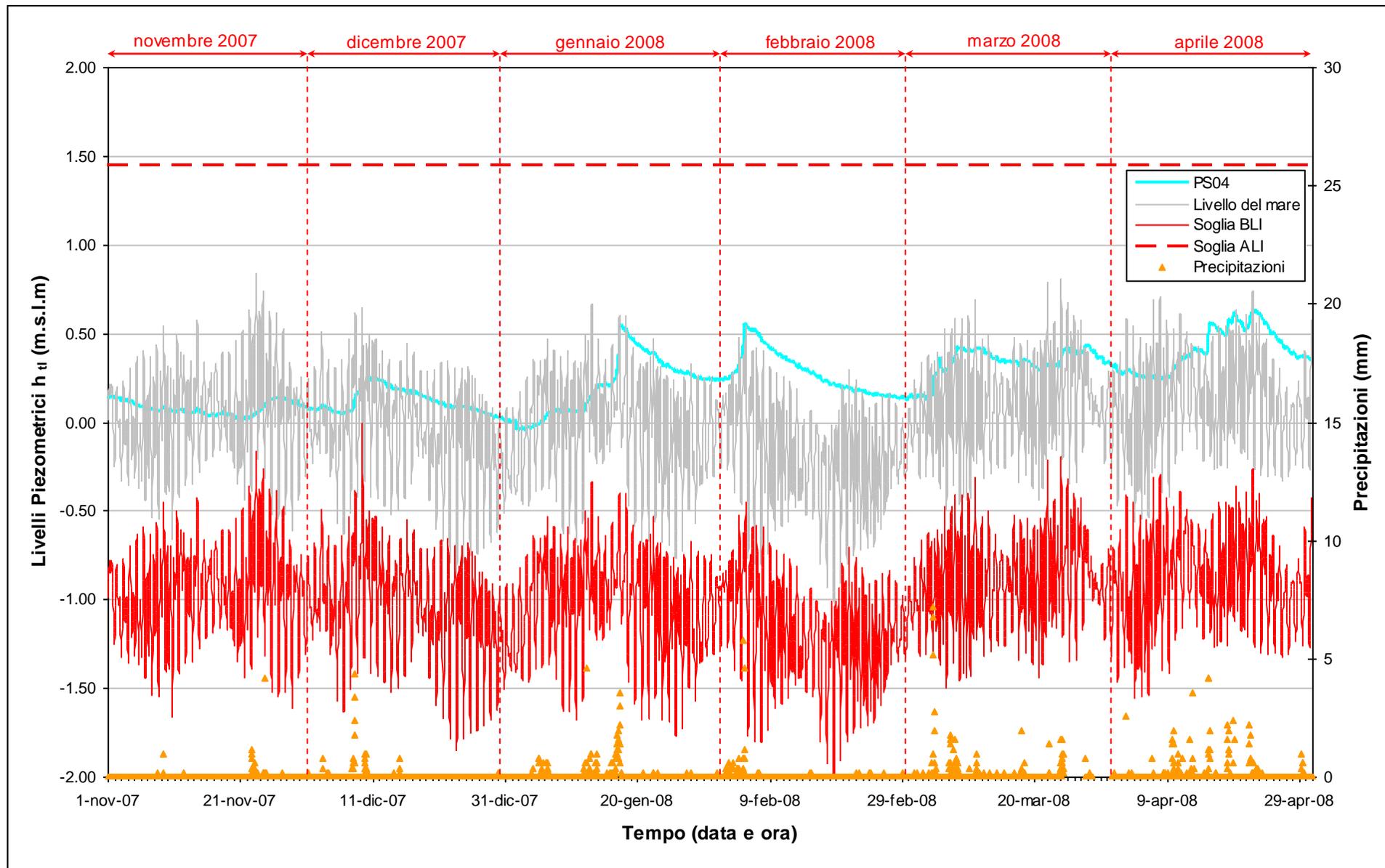
Fig. 2.11 - Livelli piezometrici ( $h_u$ ) relativi al piezometro superficiale PS02 nel periodo di monitoraggio 01/05/2007 - 31/10/2007

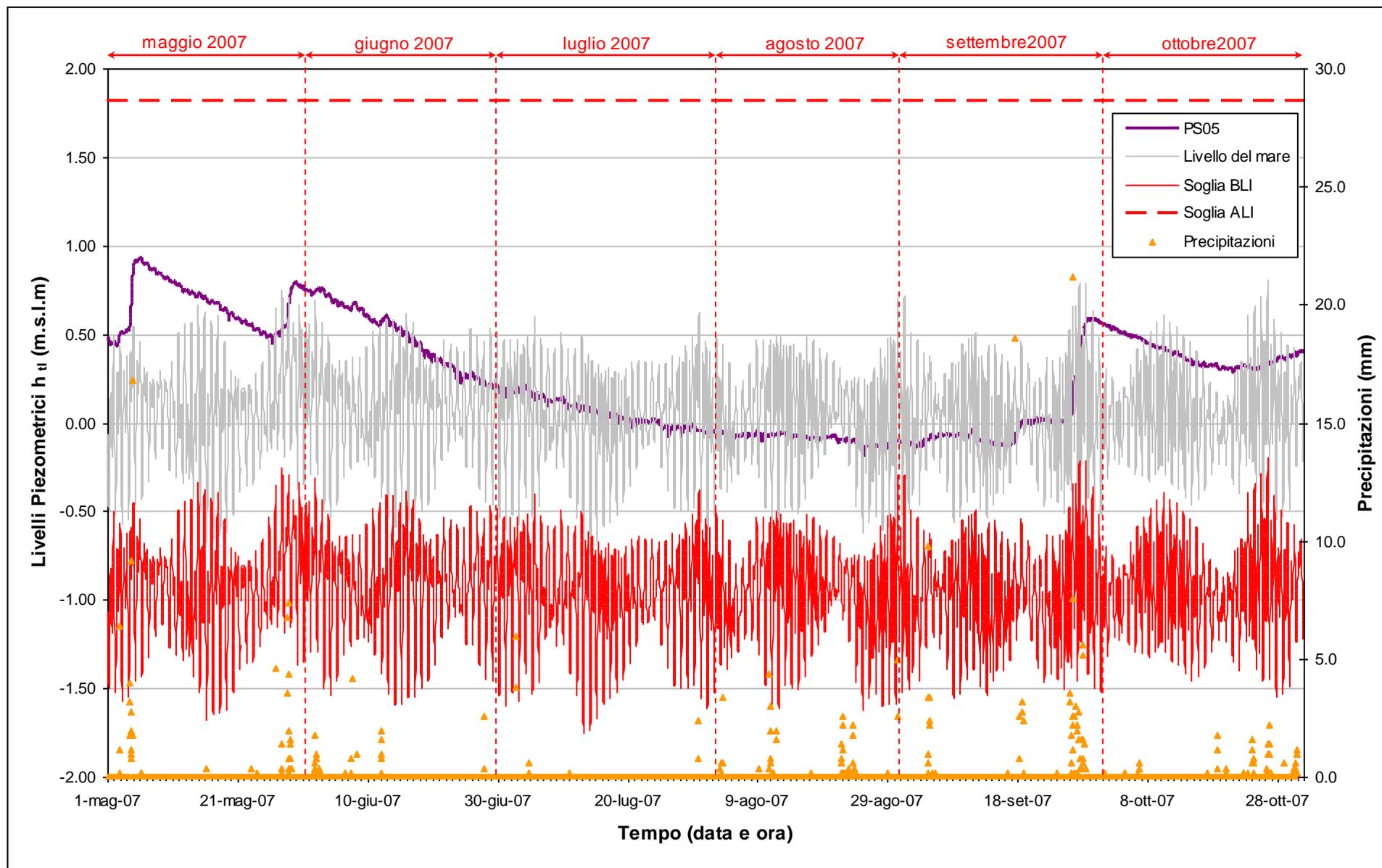
Fig. 2.12 - Livelli piezometrici ( $h_u$ ) relativi al piezometro superficiale PS02 nel periodo di monitoraggio 01/11/2007 - 30/04/2008

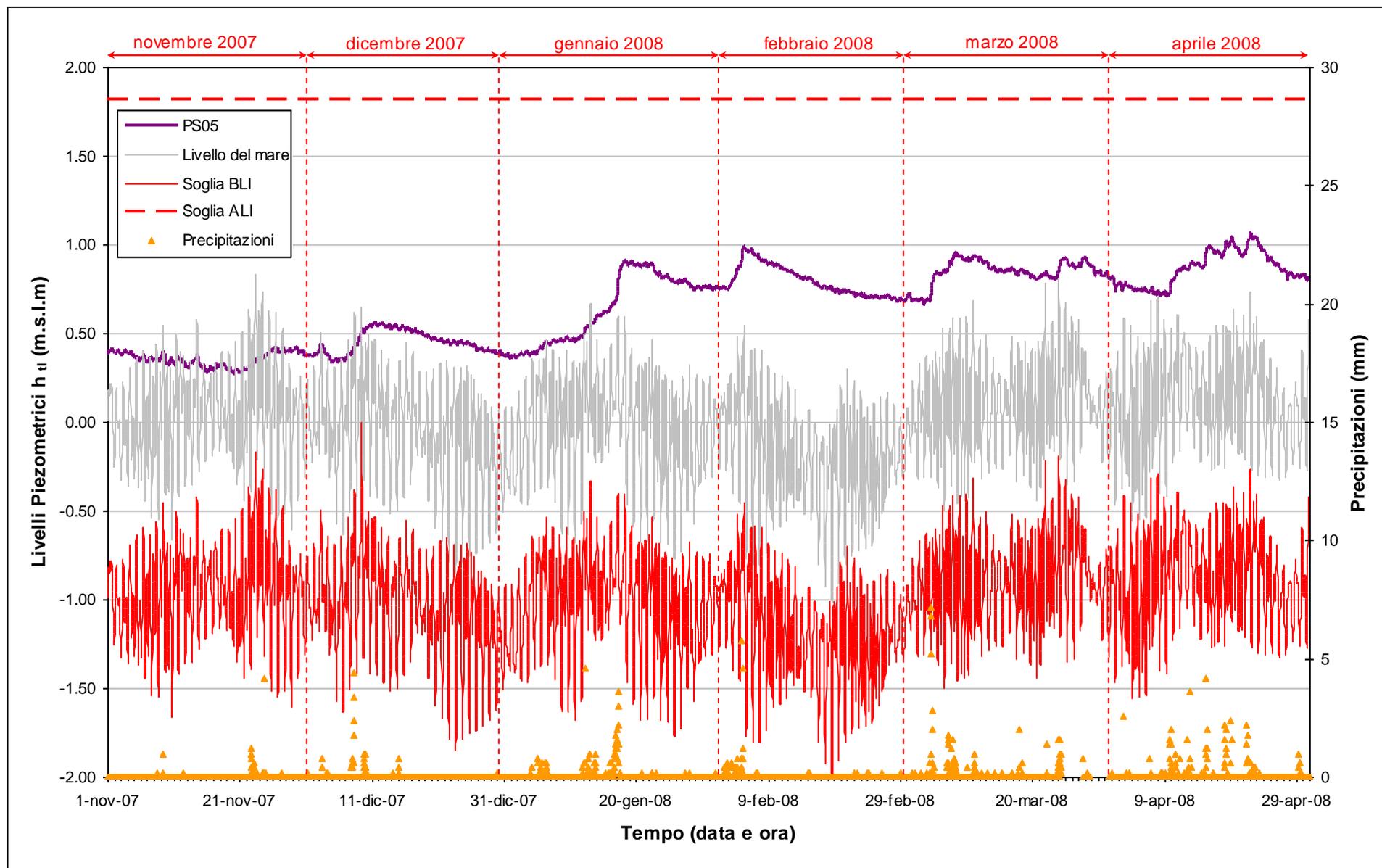
Fig. 2.13 - Livelli piezometrici ( $h_u$ ) relativi al piezometro superficiale PS03 nel periodo di monitoraggio 01/05/2007 - 31/10/2007

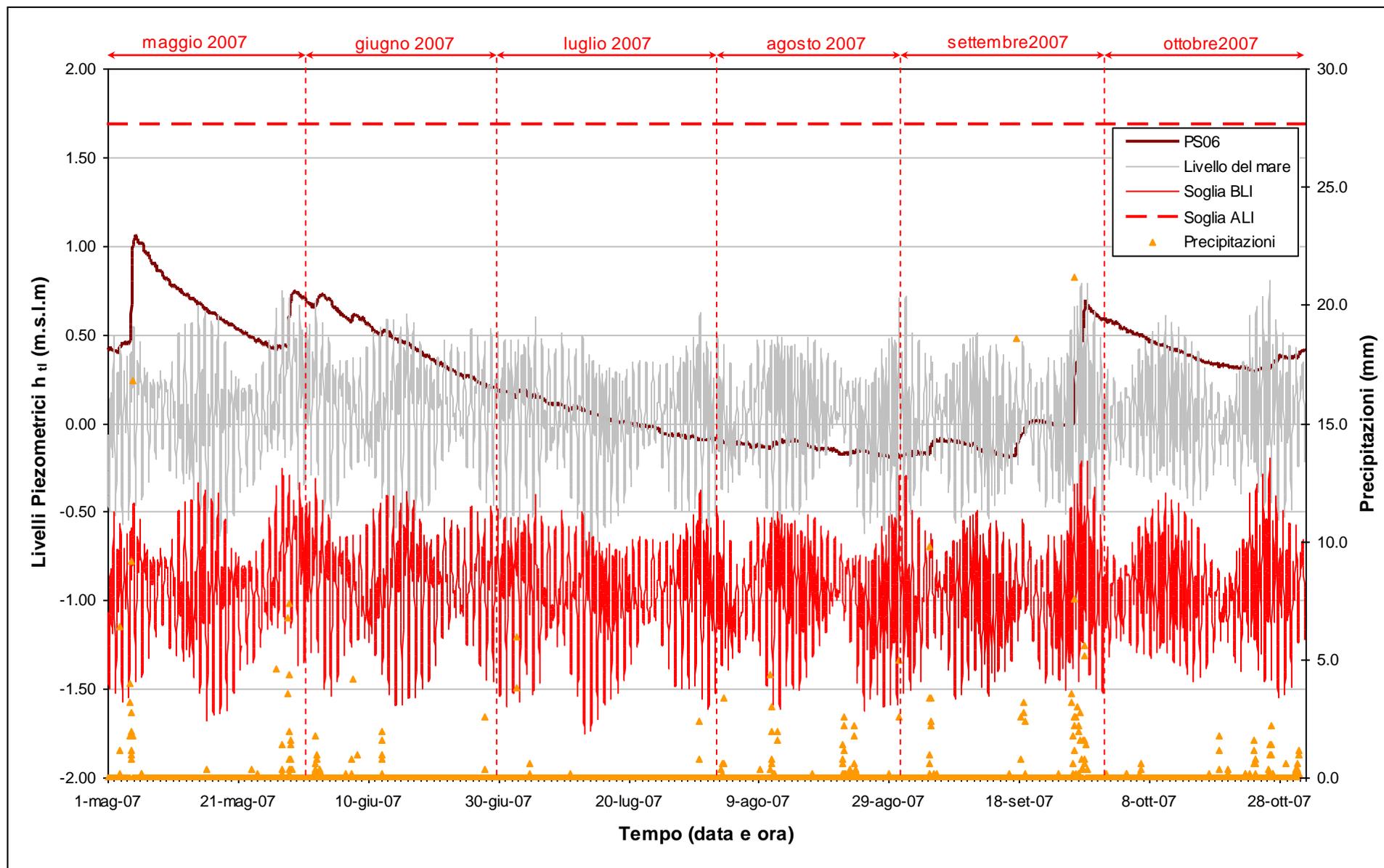
Fig. 2.14 - Livelli piezometrici ( $h_u$ ) relativi al piezometro superficiale PS03 nel periodo di monitoraggio 01/11/2007 - 30/04/2007

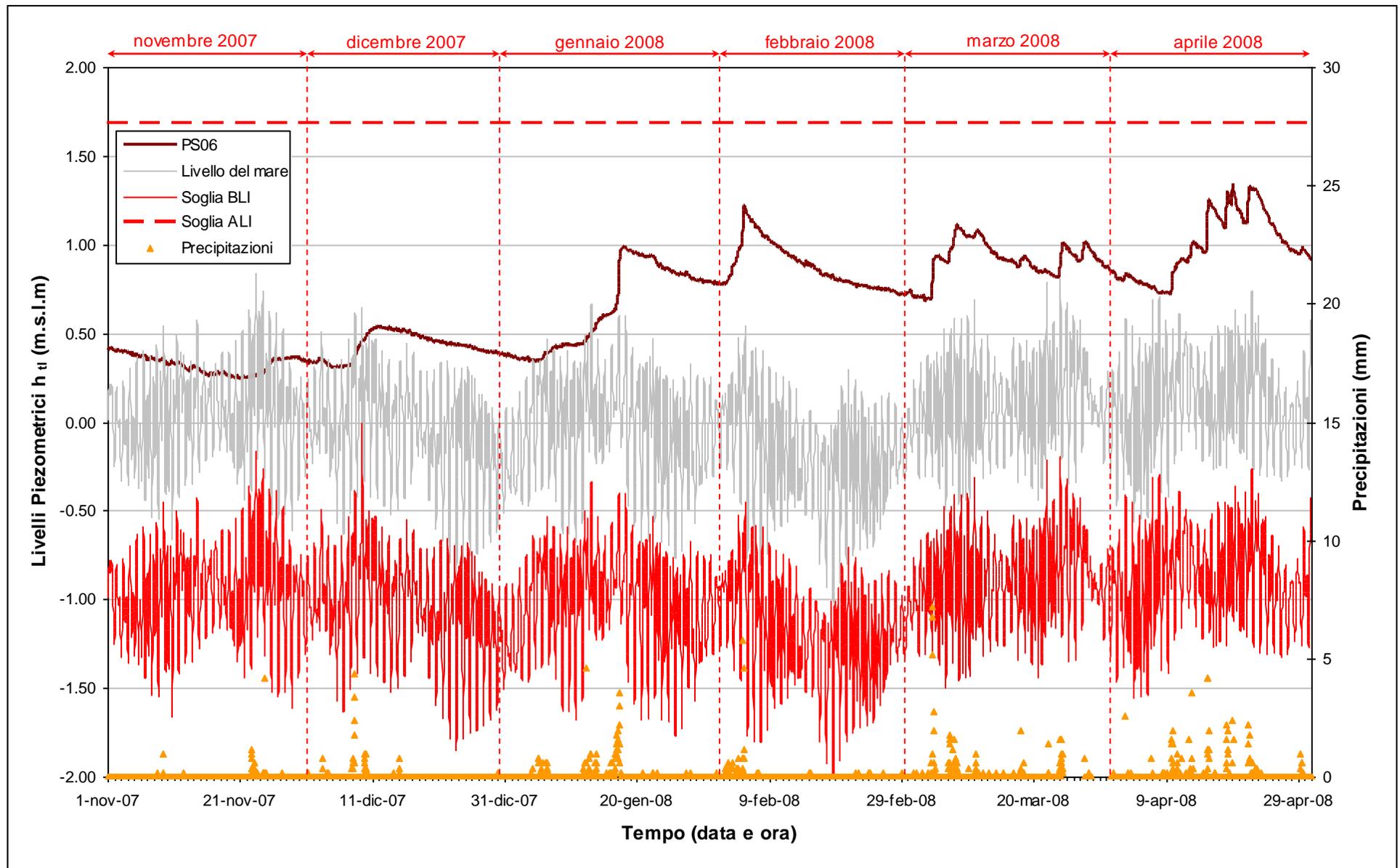
Fig. 2.15 - Livelli piezometrici ( $h_u$ ) relativi al piezometro superficiale PS04 nel periodo di monitoraggio 01/05/2007 - 31/10/2007

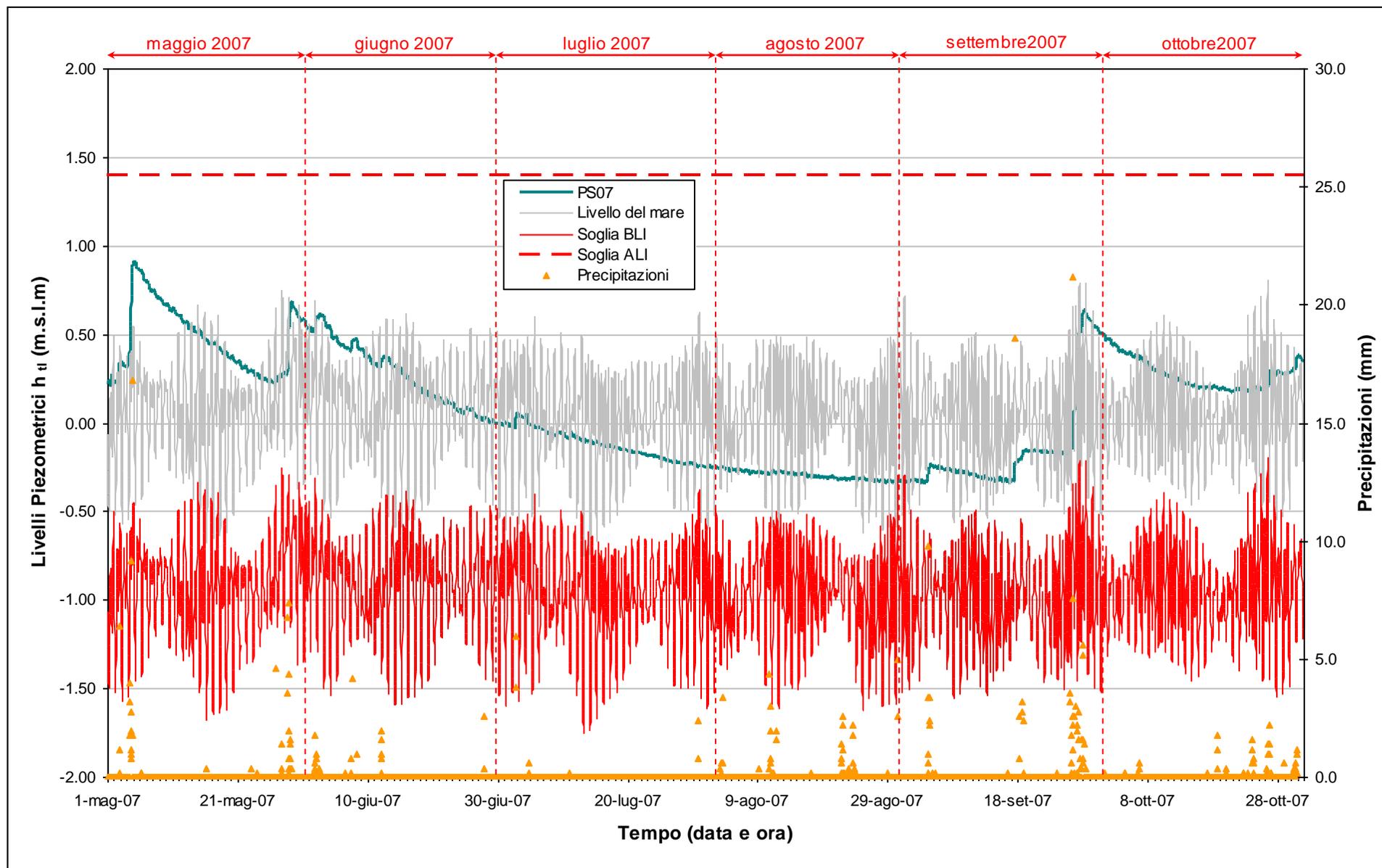
Fig. 2.16 - Livelli piezometrici ( $h_u$ ) relativi al piezometro superficiale PS04 nel periodo di monitoraggio 01/11/2007 - 30/04/2008

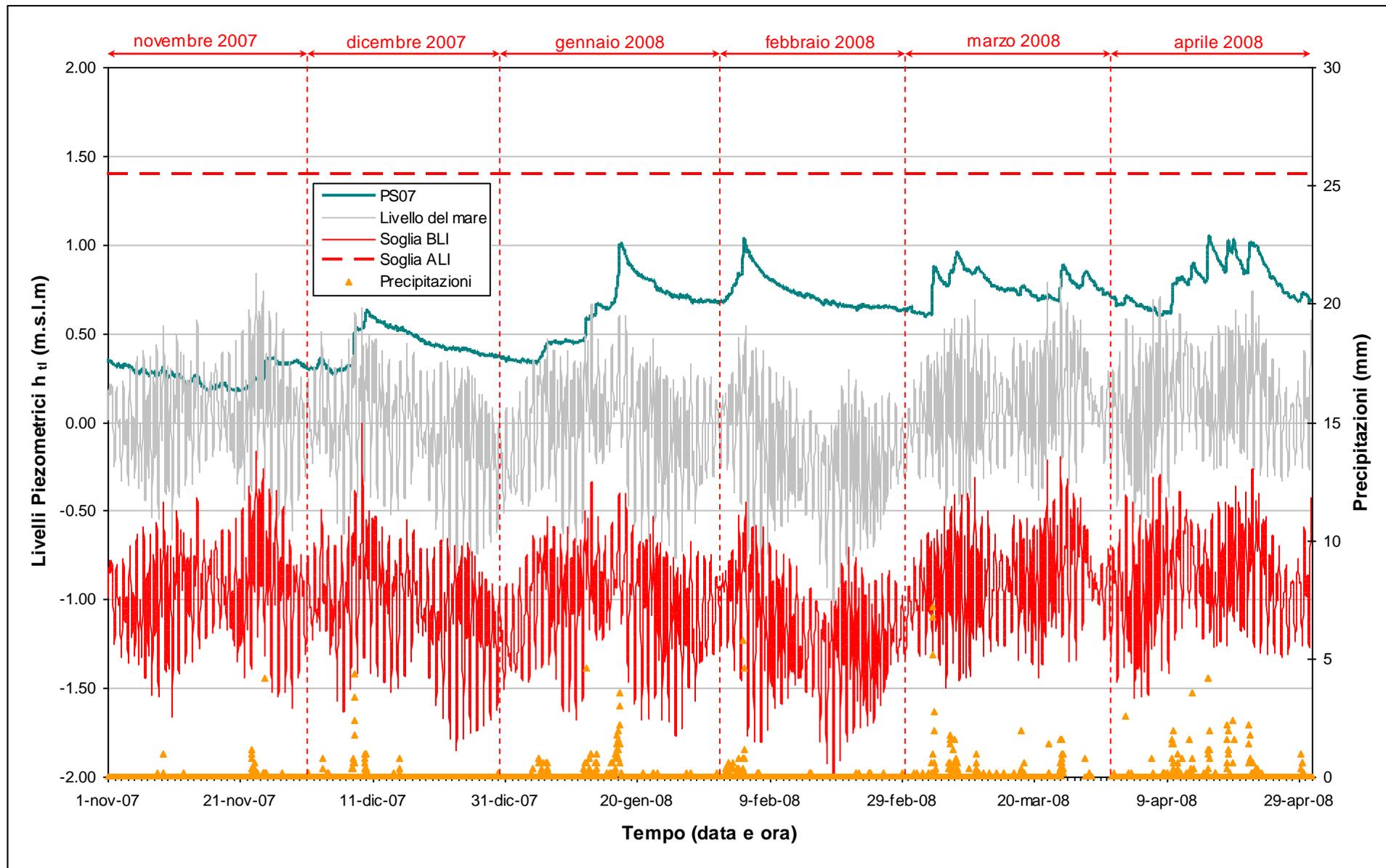
Fig. 2.17 - Livelli piezometrici ( $h_u$ ) relativi al piezometro superficiale PS05 nel periodo di monitoraggio 01/05/2007 - 31/10/2007

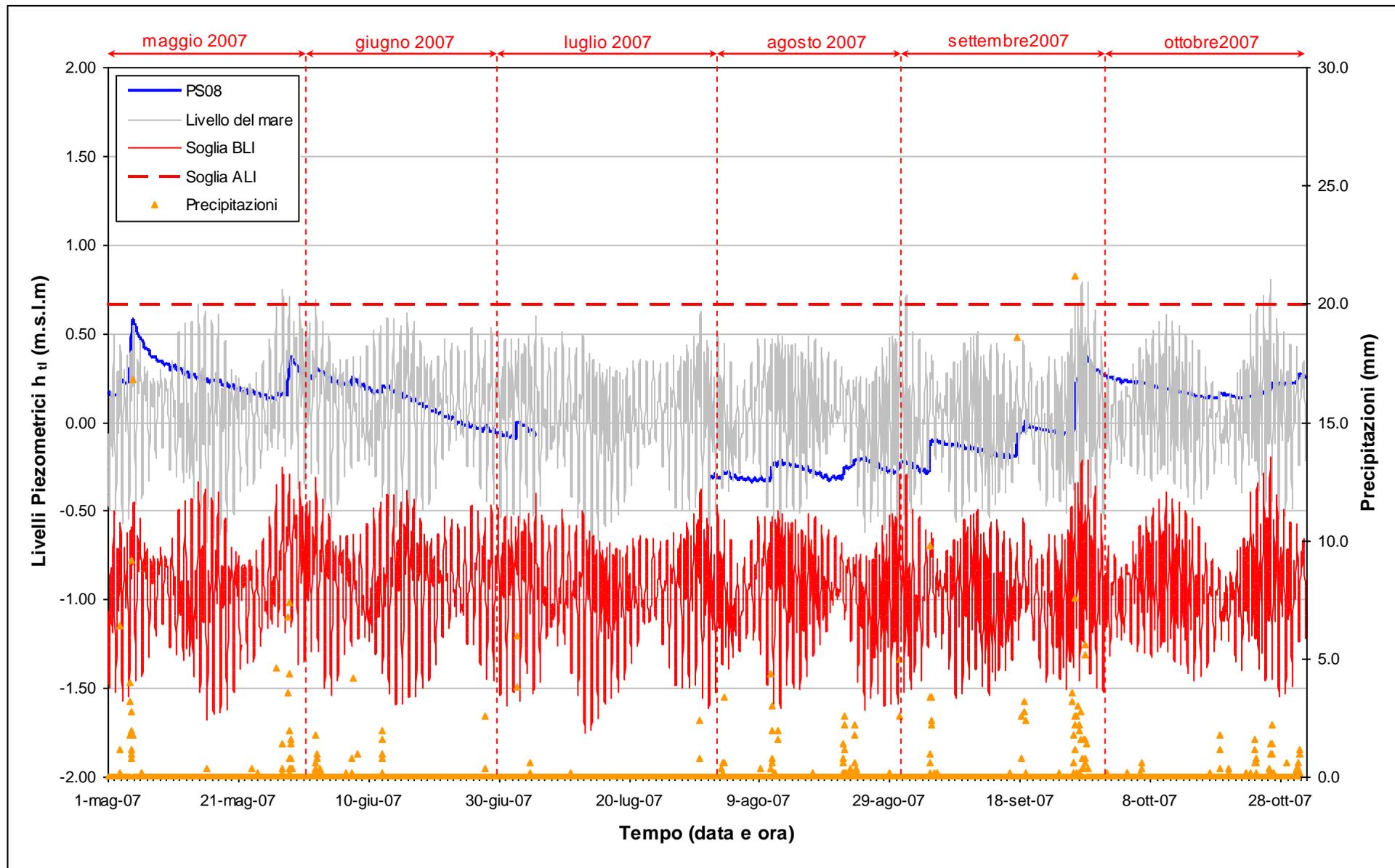
Fig. 2.18 - Livelli piezometrici ( $h_t$ ) relativi al piezometro superficiale PS05 nel periodo di monitoraggio 01/11/2007 - 30/04/2008

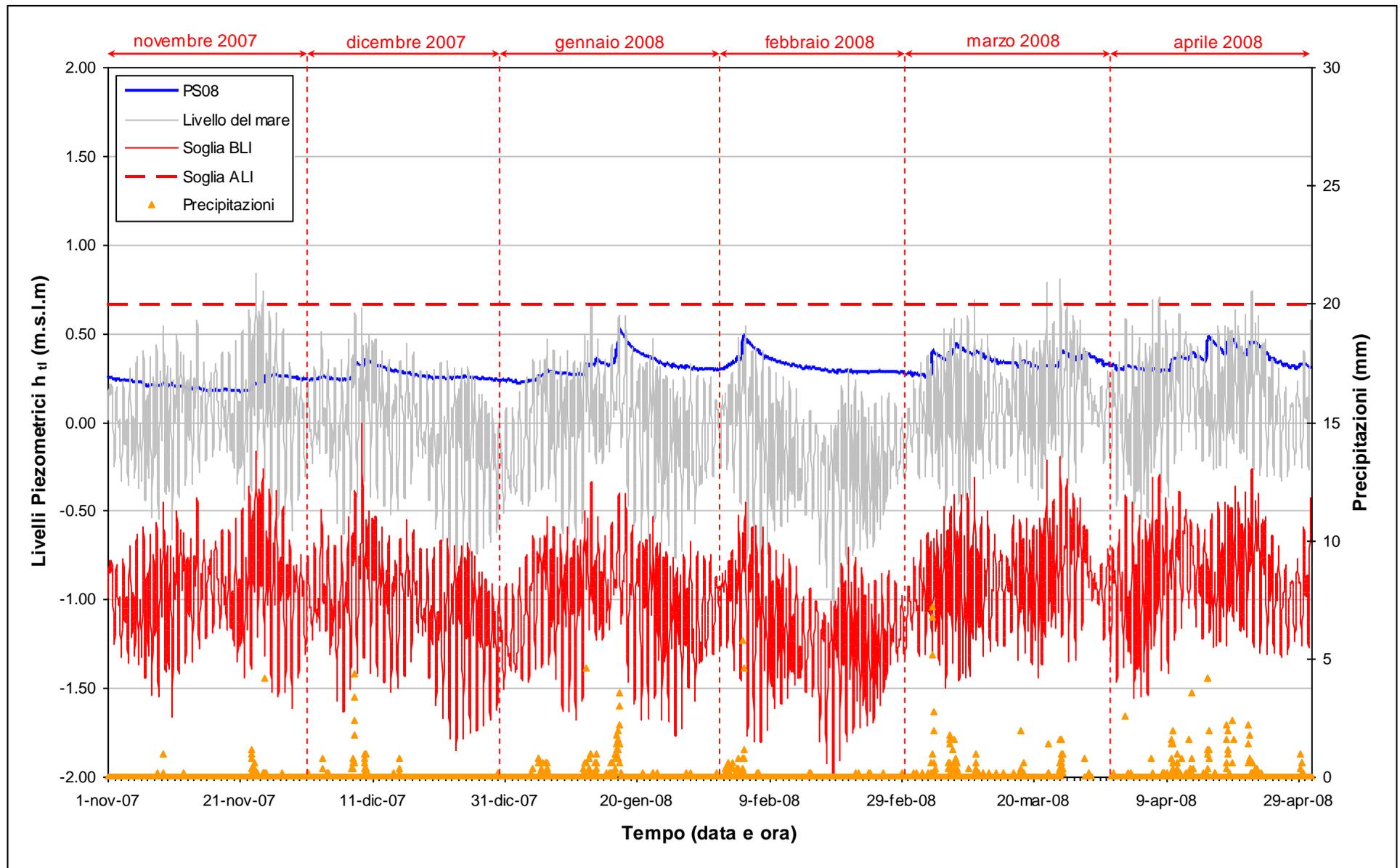
Fig. 2.19 - Livelli piezometrici ( $h_u$ ) relativi al piezometro superficiale PS06 nel periodo di monitoraggio 01/05/2007 - 31/10/2007

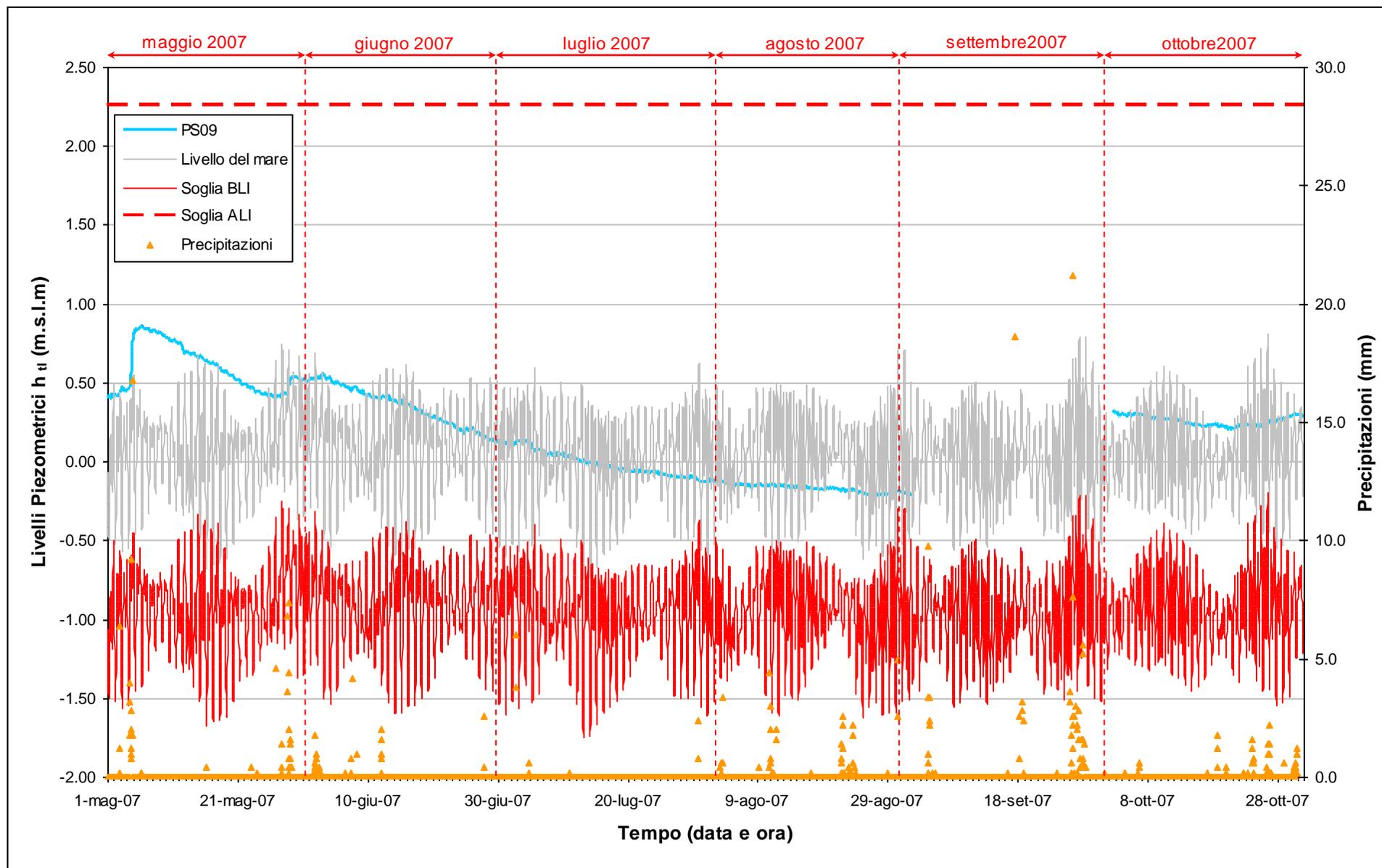
Fig. 2.20 - Livelli piezometrici ( $h_t$ ) relativi al piezometro superficiale PS06 nel periodo di monitoraggio 01/11/2007 - 30/04/2008

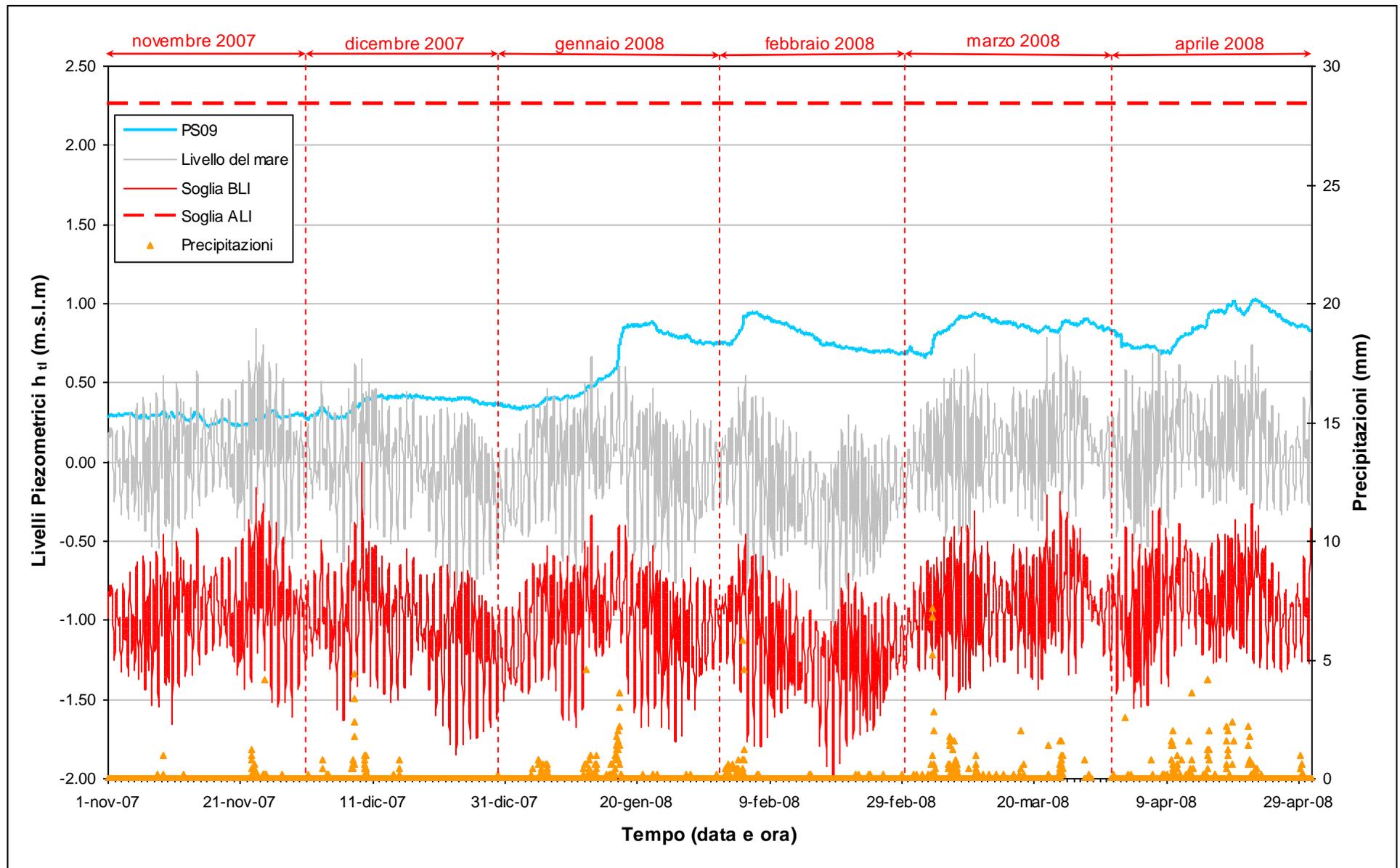
Fig. 2.21 - Livelli piezometrici ( $h_u$ ) relativi al piezometro superficiale PS07 nel periodo di monitoraggio 01/05/2007 - 31/10/2007

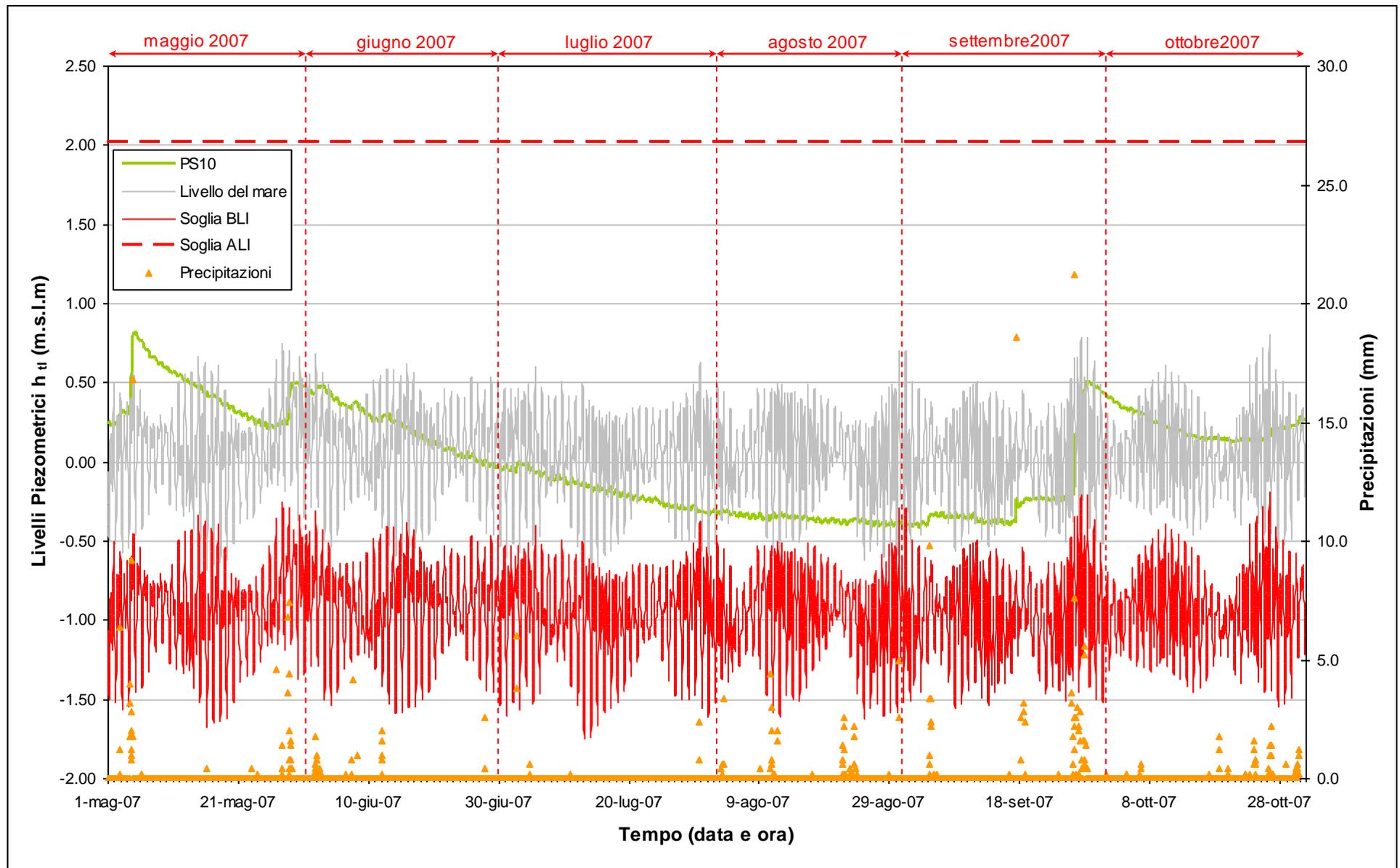
Fig. 2.22 - Livelli piezometrici ( $h_u$ ) relativi al piezometro superficiale PS07 nel periodo di monitoraggio 01/11/2007 - 30/04/2008

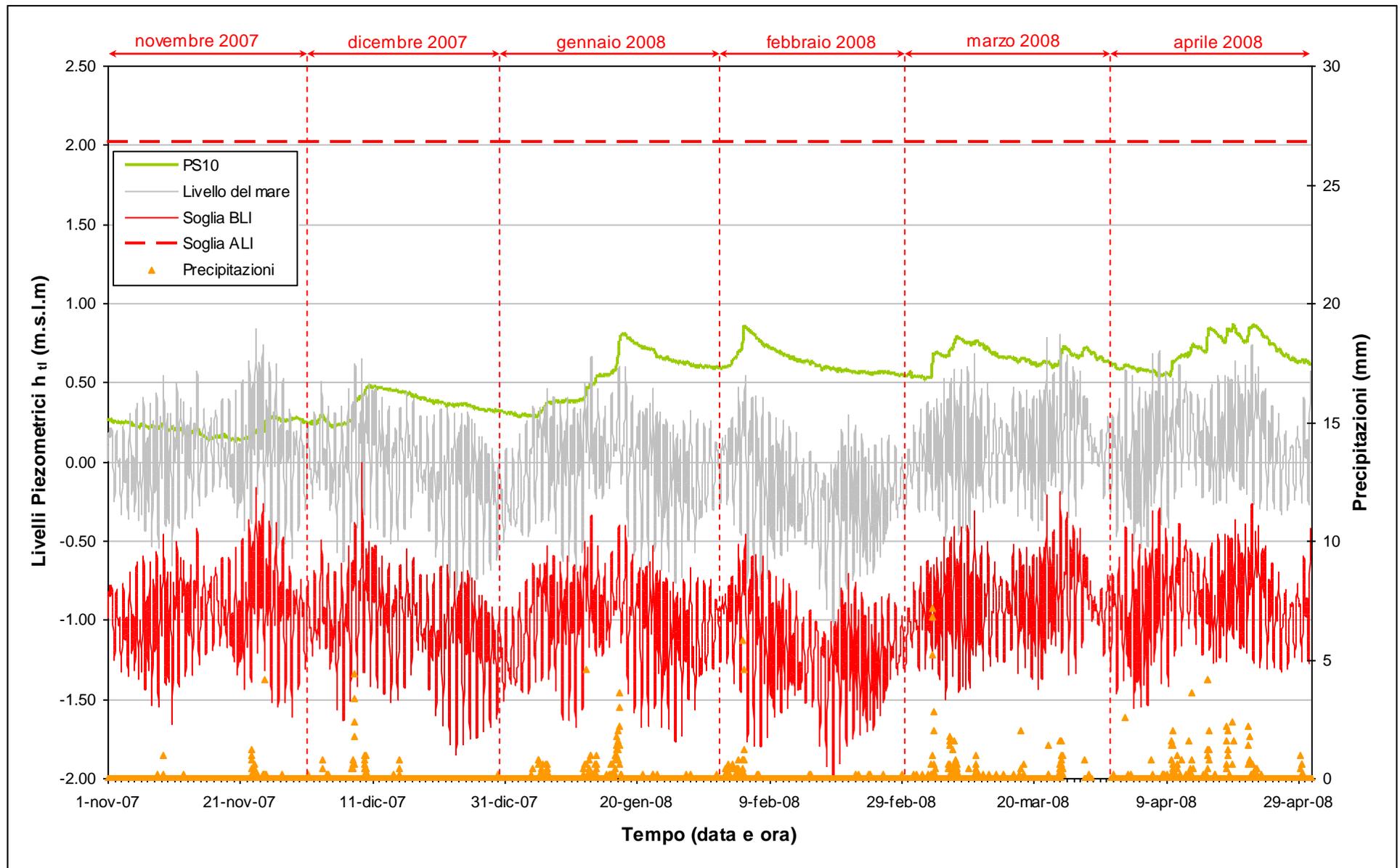
Fig. 2.23 - Livelli piezometrici ( $h_u$ ) relativi al piezometro superficiale PS08 nel periodo di monitoraggio 01/05/2007 - 31/10/2007

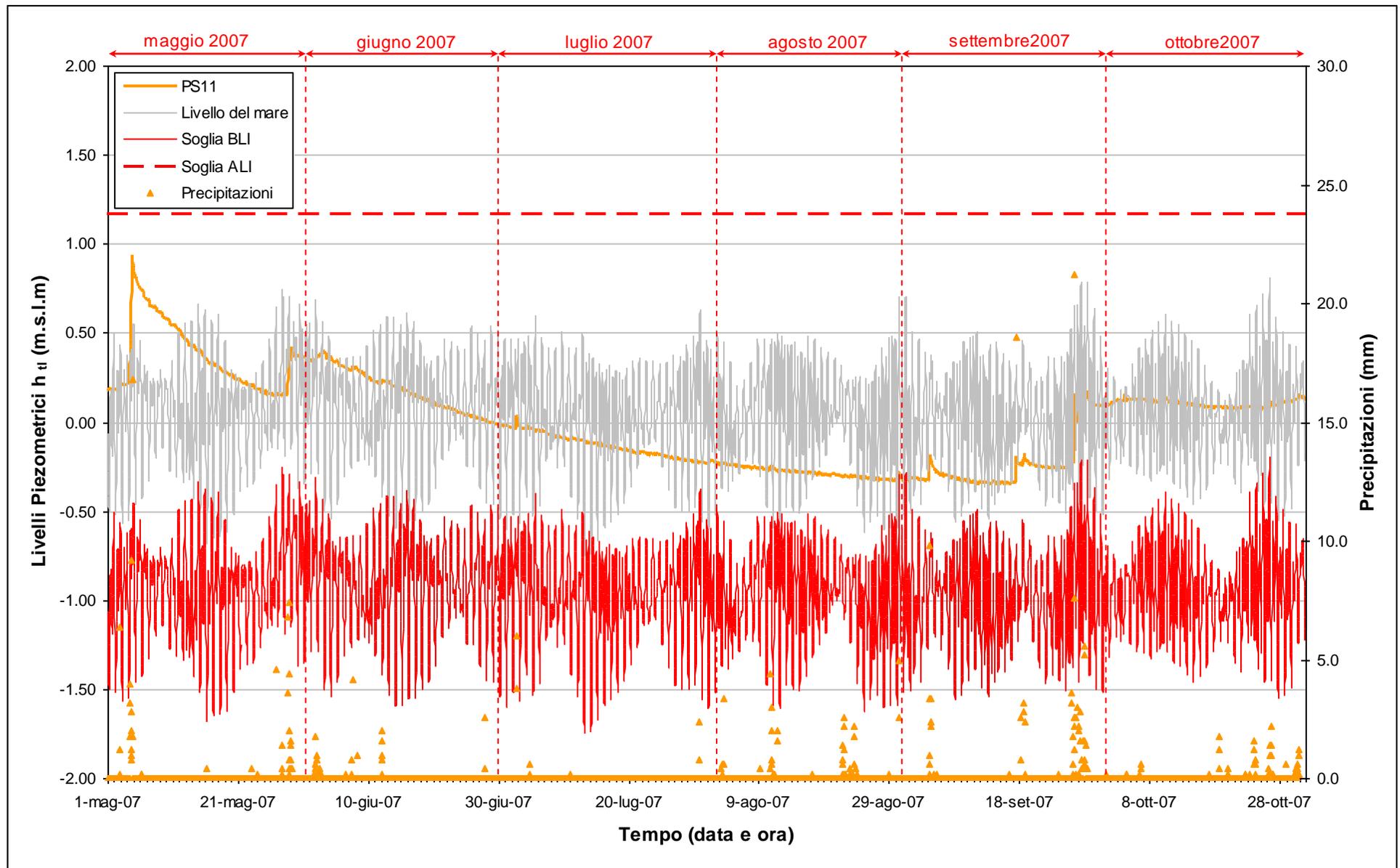
Fig. 2.24 - Livelli piezometrici ( $h_u$ ) relativi al piezometro superficiale PS08 nel periodo di monitoraggio 01/11/2007 - 30/04/2008

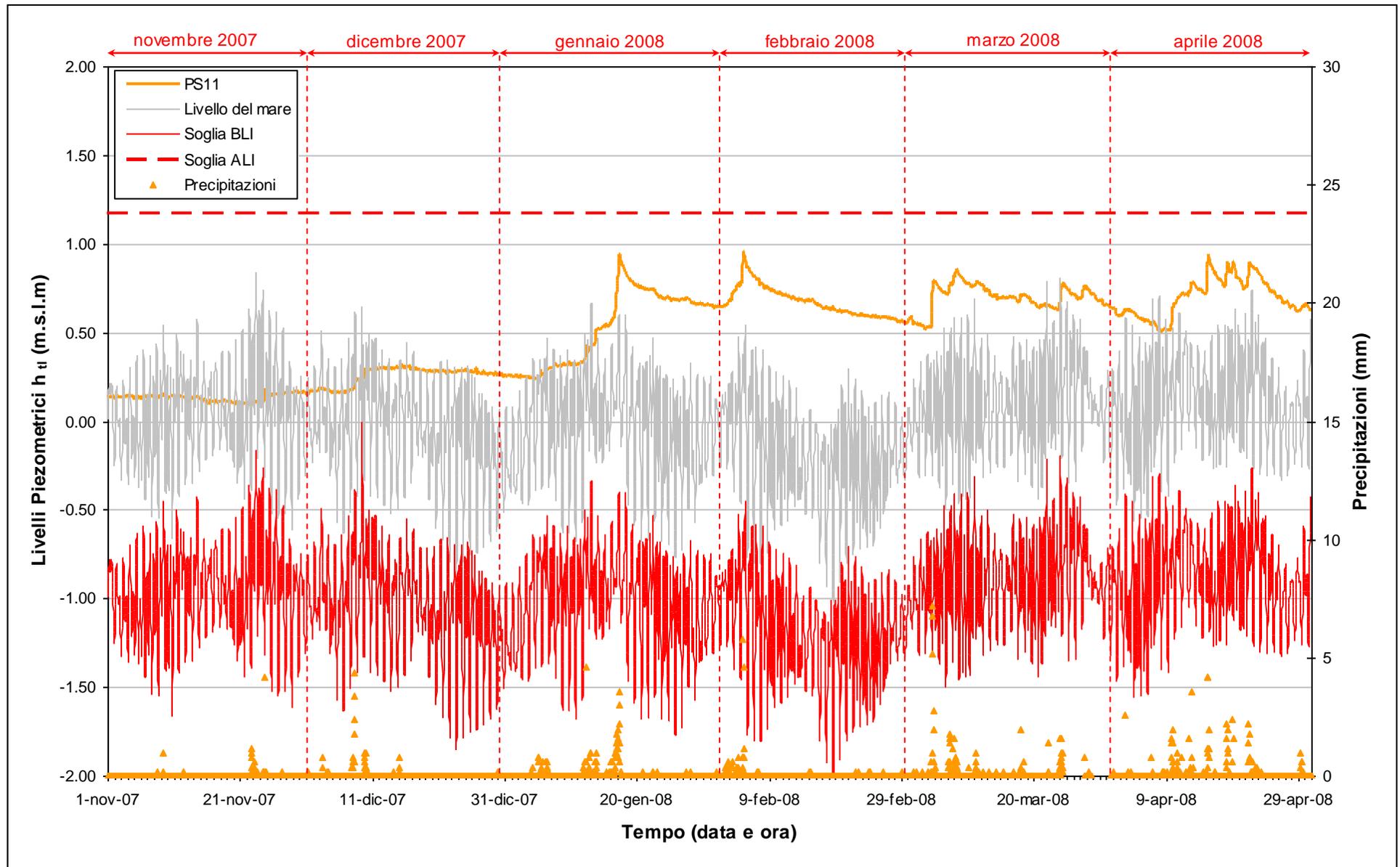
Fig. 2.25 - Livelli piezometrici ( $h_u$ ) relativi al piezometro superficiale PS09 nel periodo di monitoraggio 01/05/2007 - 31/10/2007

Fig. 2.26 - Livelli piezometrici ( $h_u$ ) relativi al piezometro superficiale PS09 nel periodo di monitoraggio 01/11/2007 - 30/04/2008

Fig. 2.27 - Livelli piezometrici ( $h_u$ ) relativi al piezometro superficiale PS10 nel periodo di monitoraggio 01/05/2007 - 31/10/2007

Fig. 2.28 - Livelli piezometrici ( $h_t$ ) relativi al piezometro superficiale PS10 nel periodo di monitoraggio 01/11/2007 - 30/04/2008

Fig. 2.29 - Livelli piezometrici ( $h_u$ ) relativi al piezometro superficiale PS11 nel periodo di monitoraggio 01/05/2007 - 31/10/2007

Fig. 2.30 - Livelli piezometrici ( $h_u$ ) relativi al piezometro superficiale PS11 nel periodo di monitoraggio 01/11/2007 - 30/04/2008

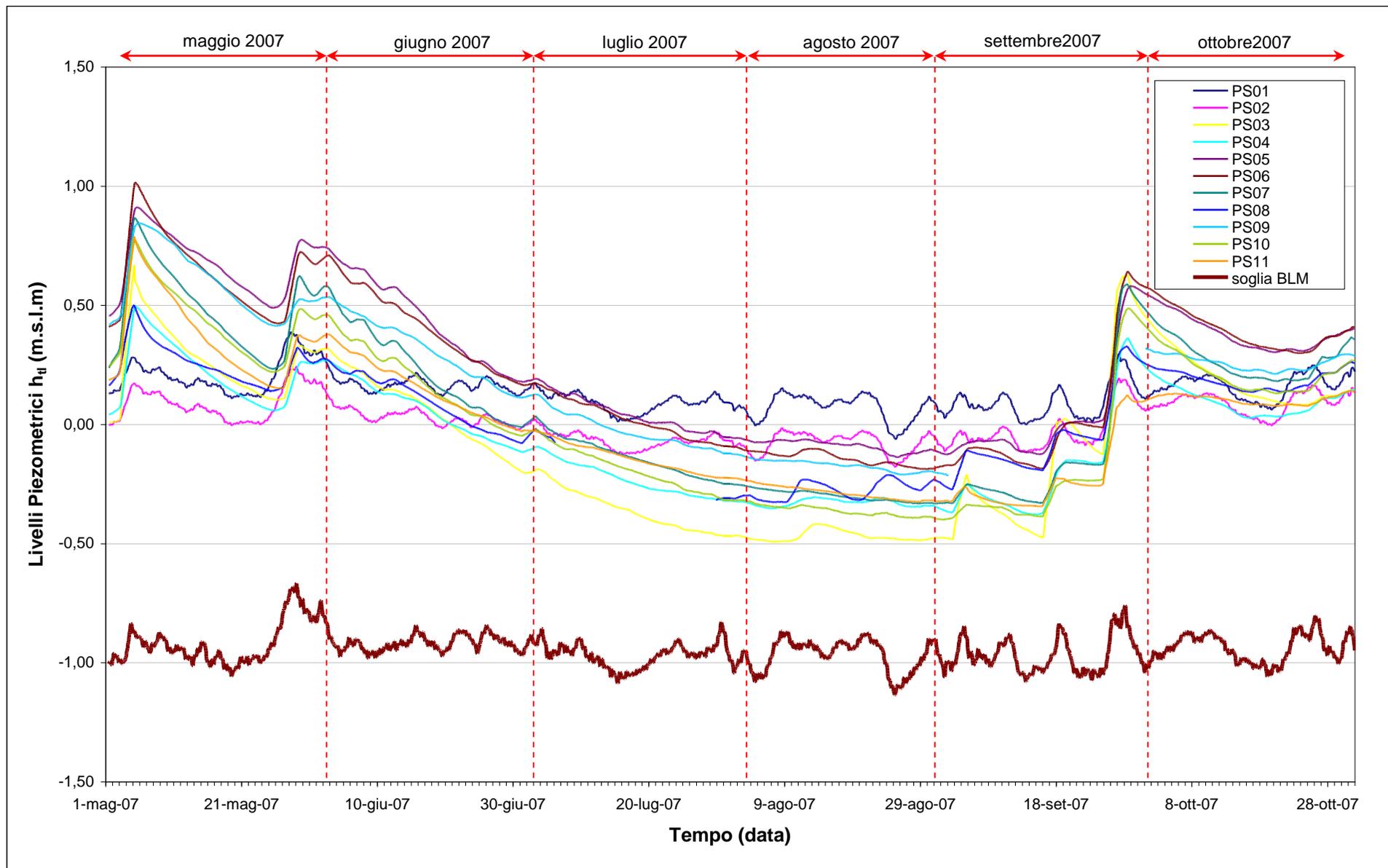


Fig. 2.31 - Verifica del rispetto della Soglia di Basso Livello Medio per i piezometri superficiali nel periodo di monitoraggio 01/05/2007 - 31/10/2007

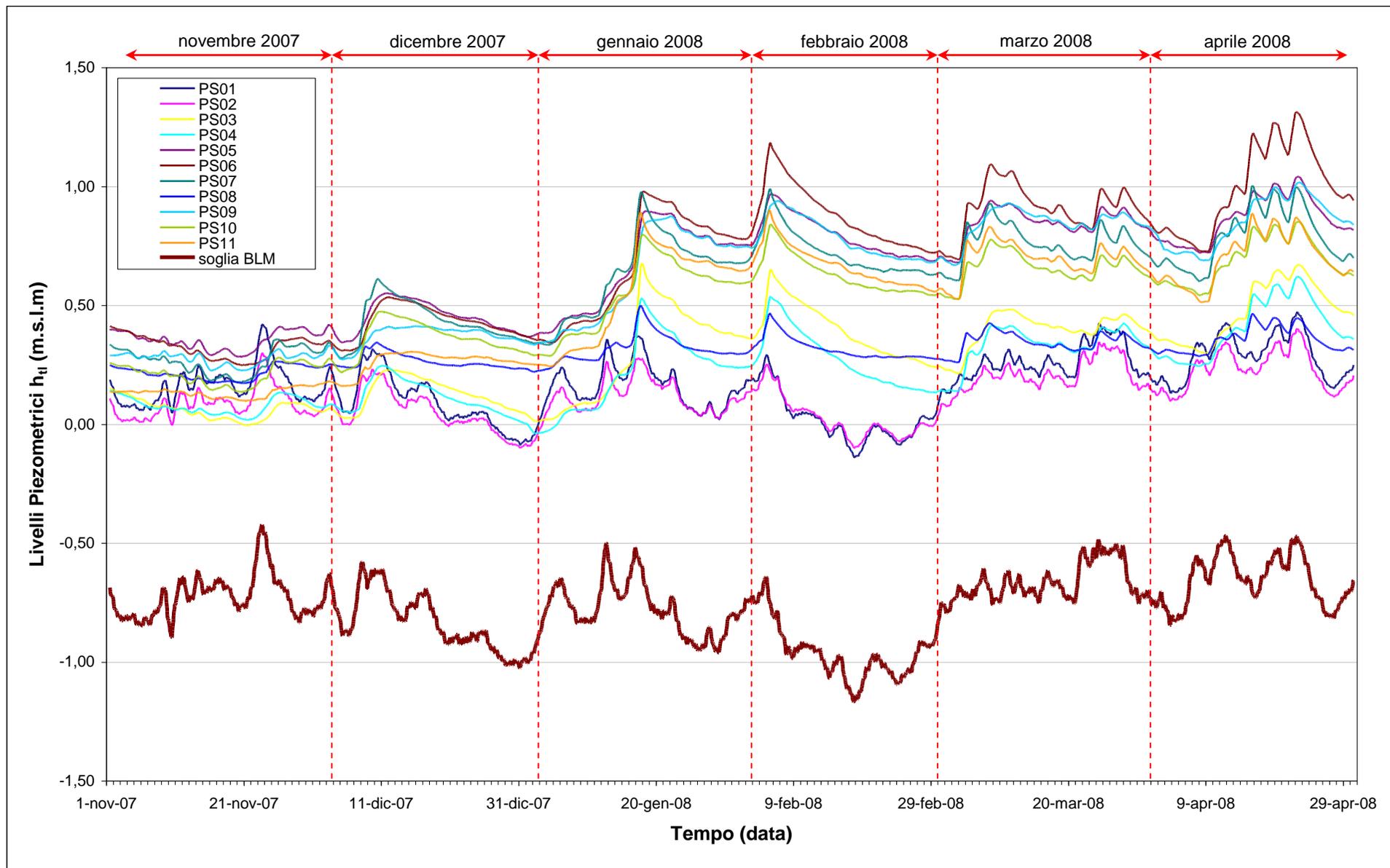


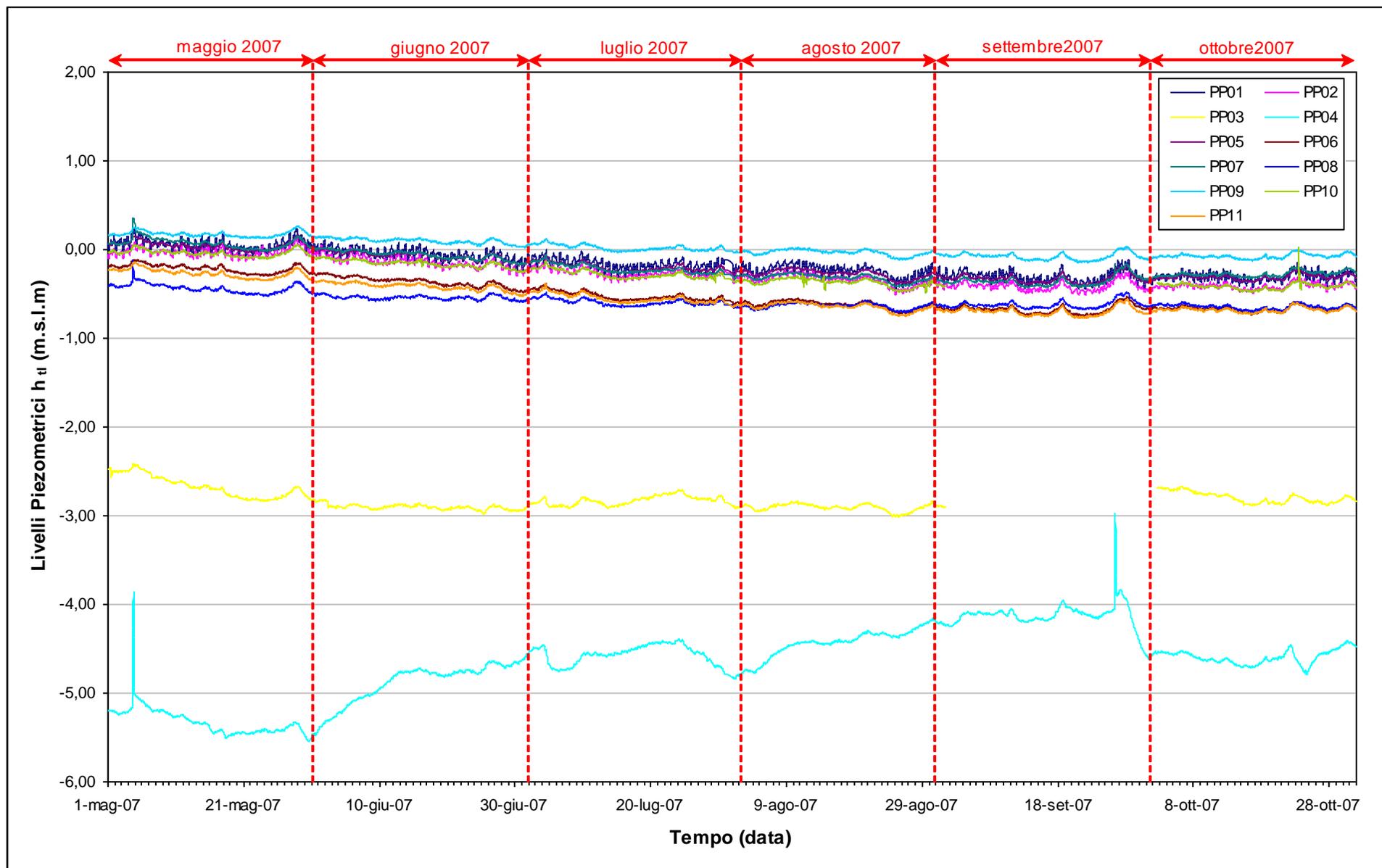
Fig. 2.32 - Verifica del rispetto della Soglia di Basso Livello Medio per i piezometri superficiali nel periodo di monitoraggio 01/11/2007 - 30/04/2008

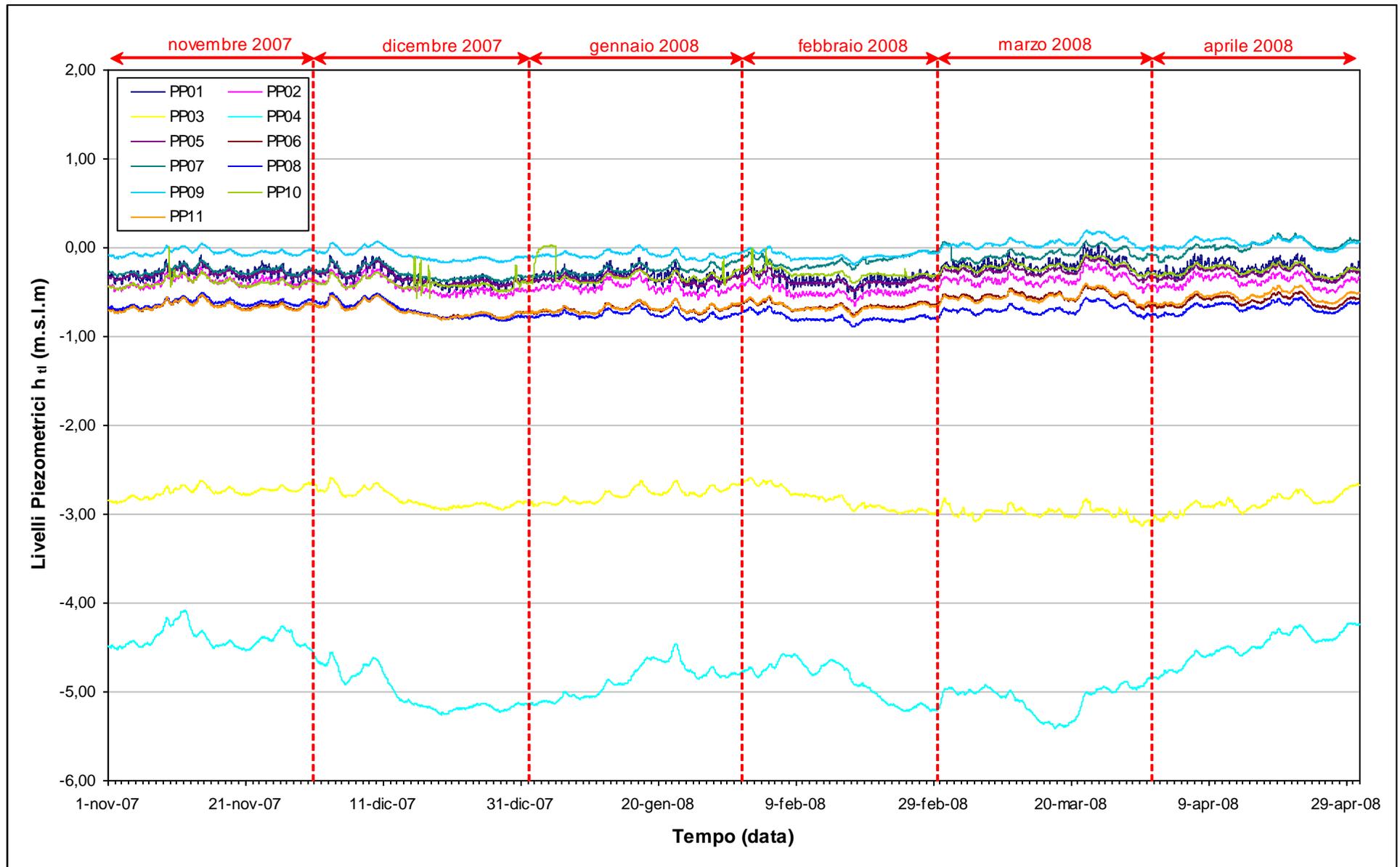
### **2.3 Piezometri profondi - secondo livello acquifero (Strato C)**

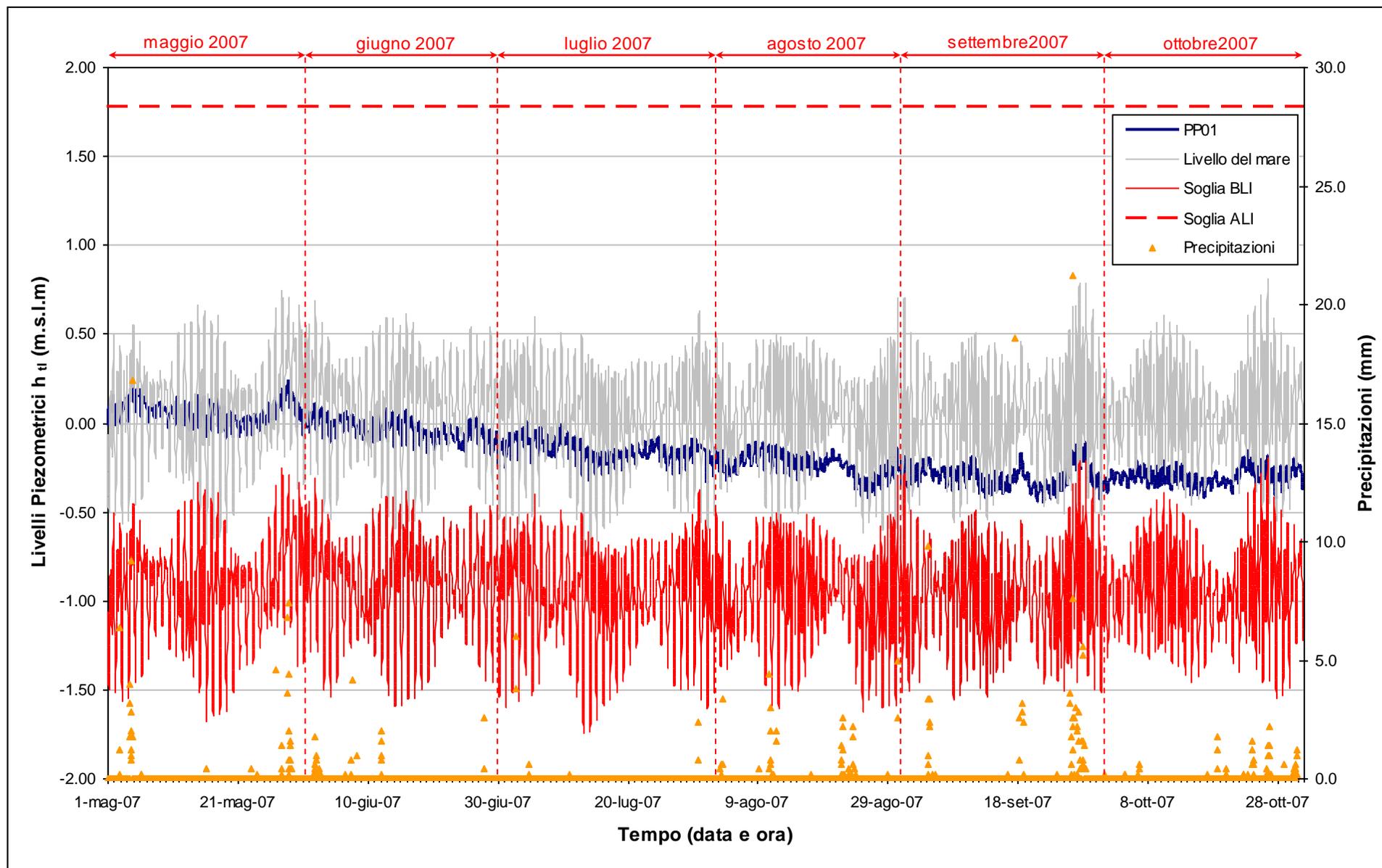
In questo paragrafo vengono presentate ed analizzate le serie temporali dei livelli piezometrici assoluti degli 11 piezometri profondi finestrati in corrispondenza del secondo livello acquifero (Strato C, profondità = 19 - 25 m da piano campagna).

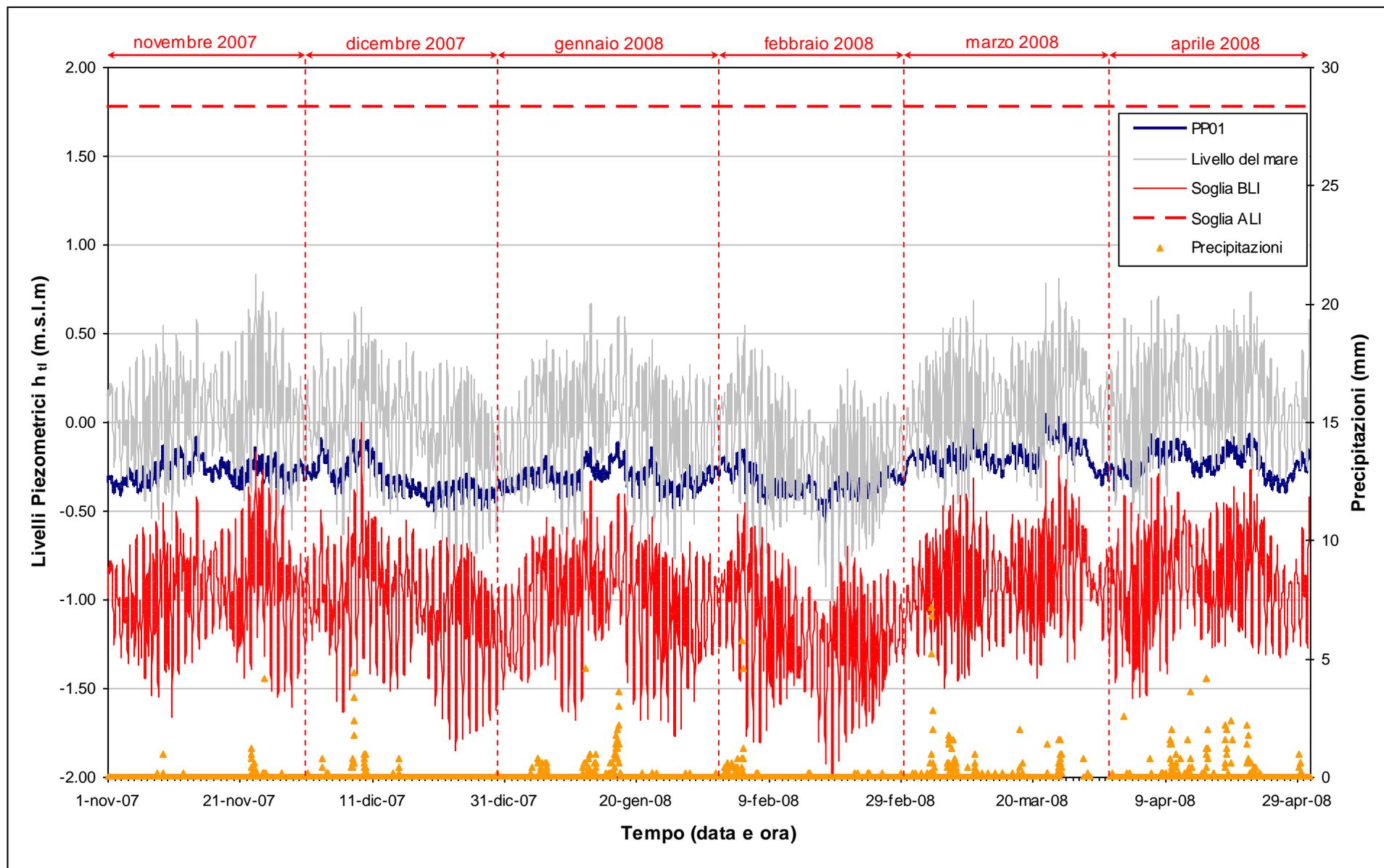
Nelle Fig.2.33-2.34 è rappresentato l'andamento complessivo degli undici piezometri, mentre nelle Figg.2.35 -2.56 sono rappresentati singolarmente i livelli assoluti di ciascun piezometro, associati alle relative soglie di Alto e Basso Livello Istantaneo ed alle forzanti naturali (precipitazioni e oscillazioni mareali).

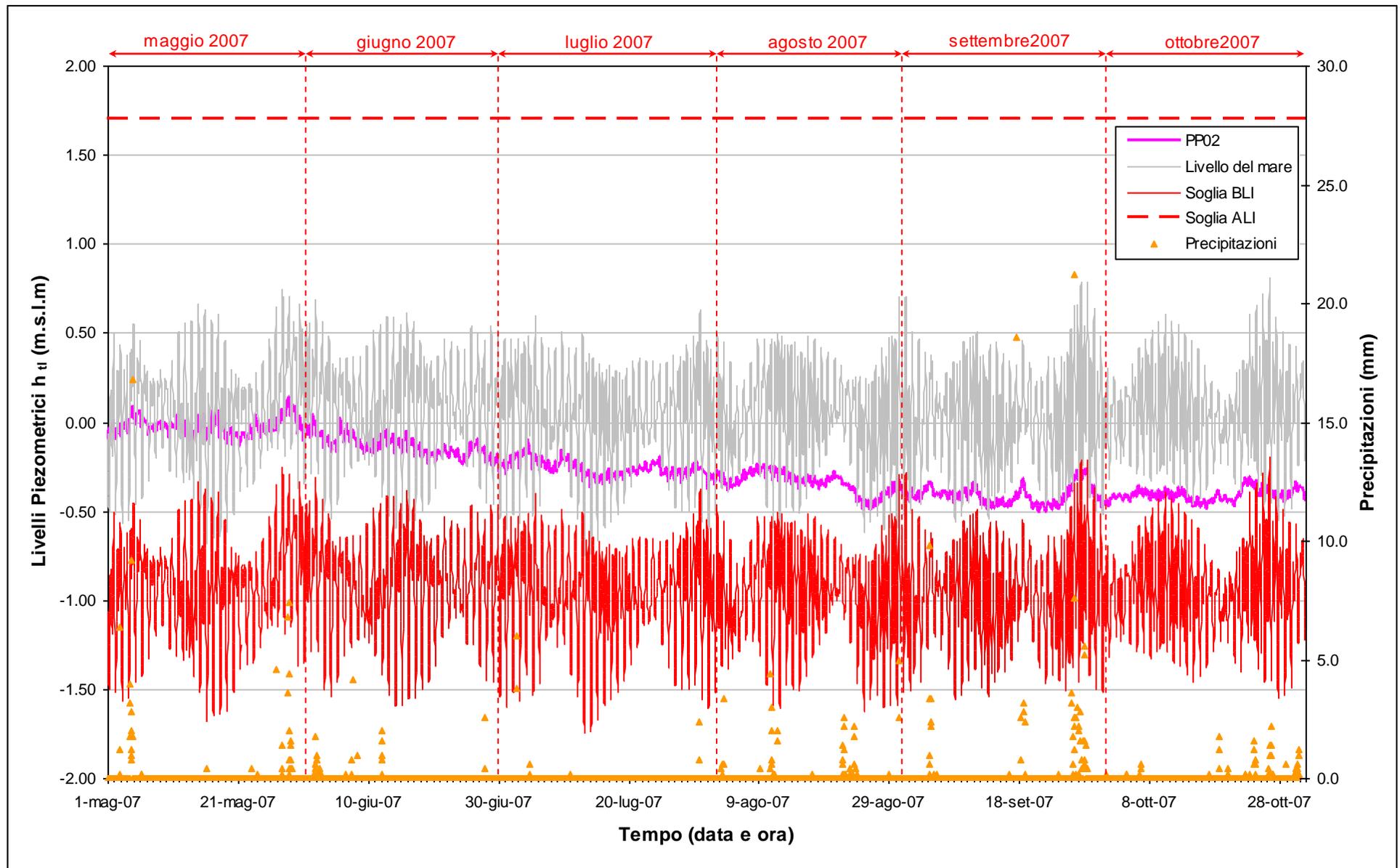
Nelle figure 2.57-2.58 sono rappresentati i livelli assoluti nei piezometri profondi, associati alla soglia di Basso Livello Medio.

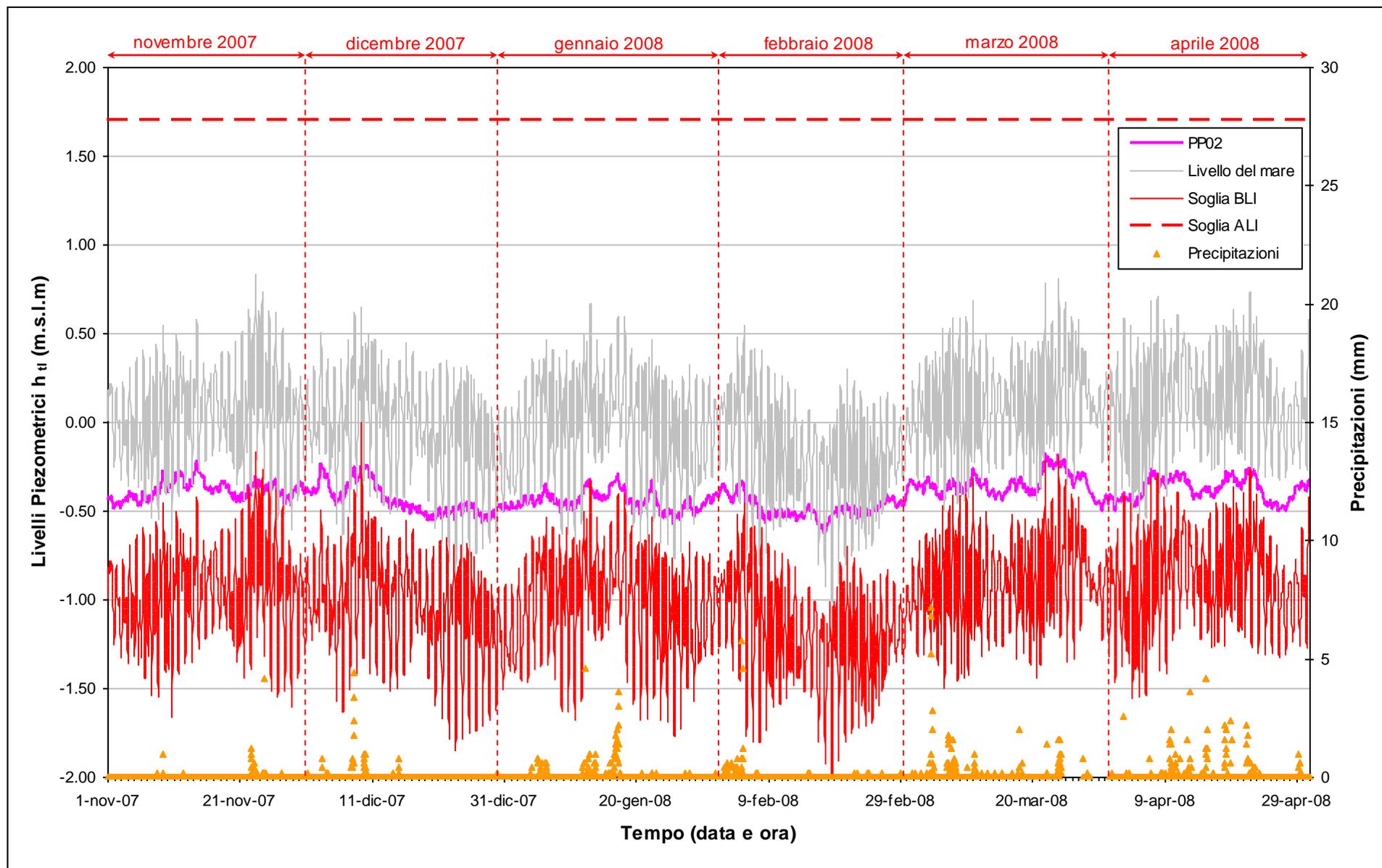
Fig. 2.33 - Livelli piezometrici ( $h_u$ ) relativi ai piezometri profondi nel periodo di monitoraggio 01/05/2007 - 31/10/2007

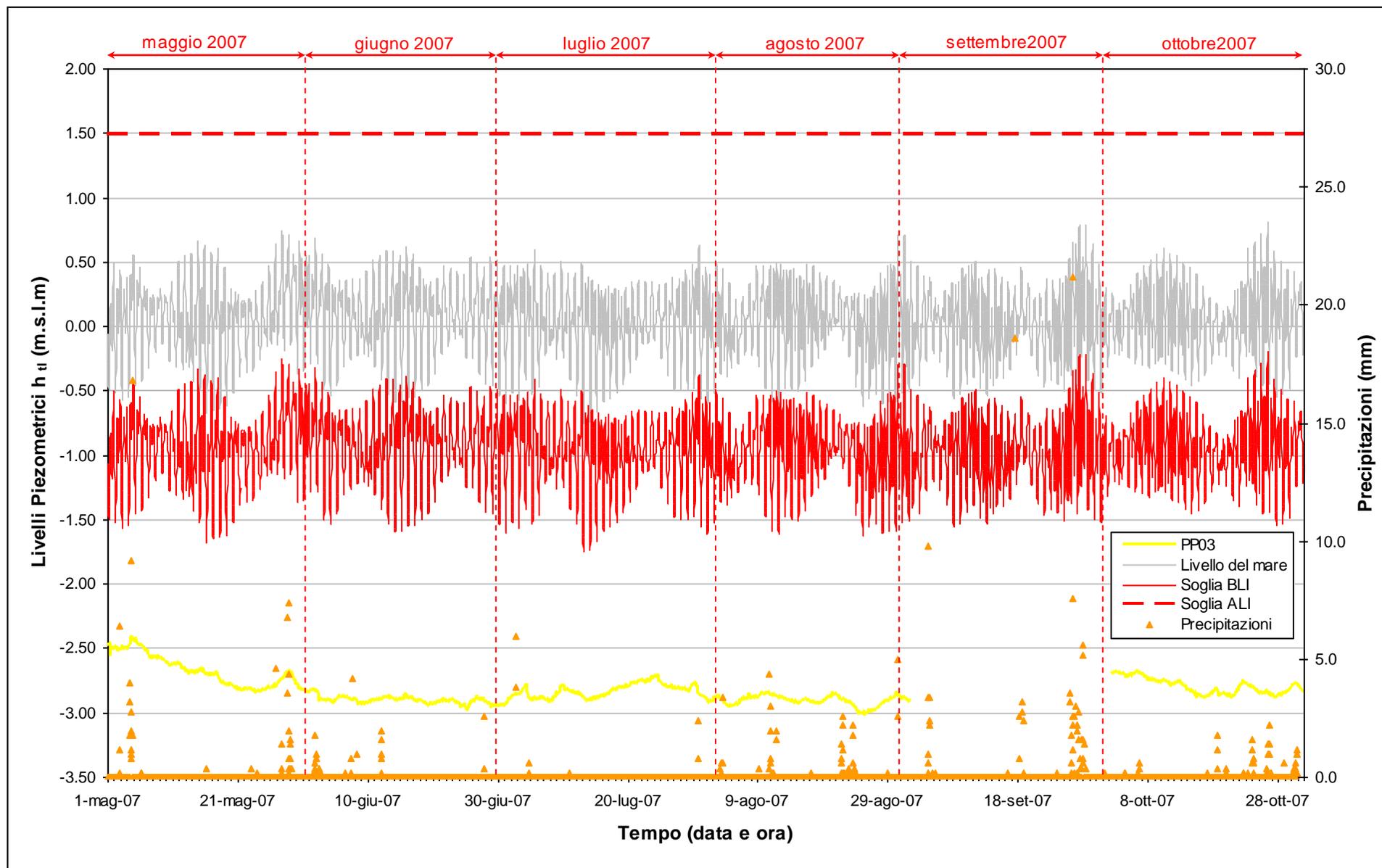
Fig. 2.34 - Livelli piezometrici ( $h_u$ ) relativi ai piezometri profondi nel periodo di monitoraggio 01/11/2007 - 30/04/2008

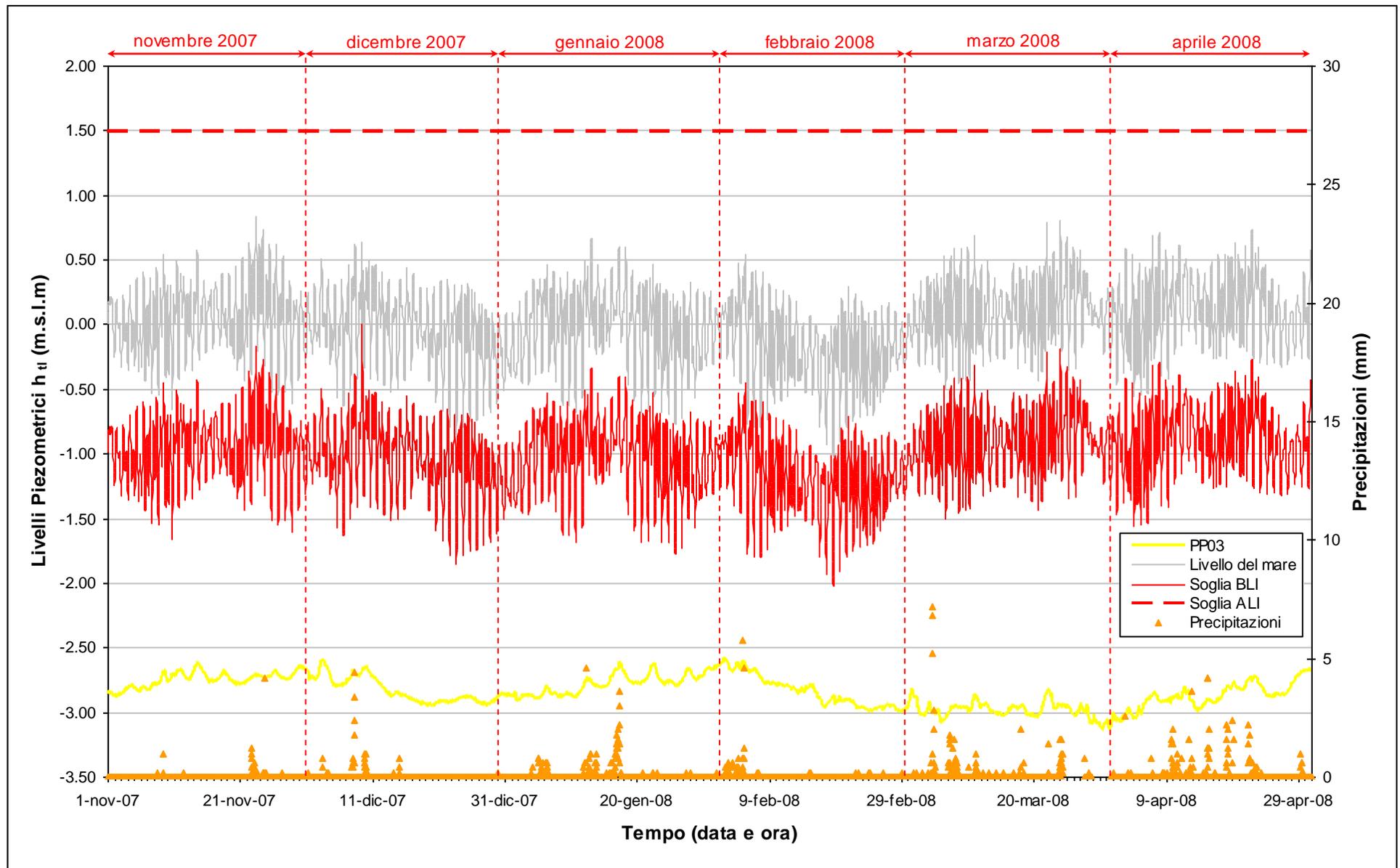
Fig. 2.35 - Livelli piezometrici ( $h_t$ ) relativi al piezometro profondo PP01 nel periodo di monitoraggio 01/05/2007 - 31/10/2007

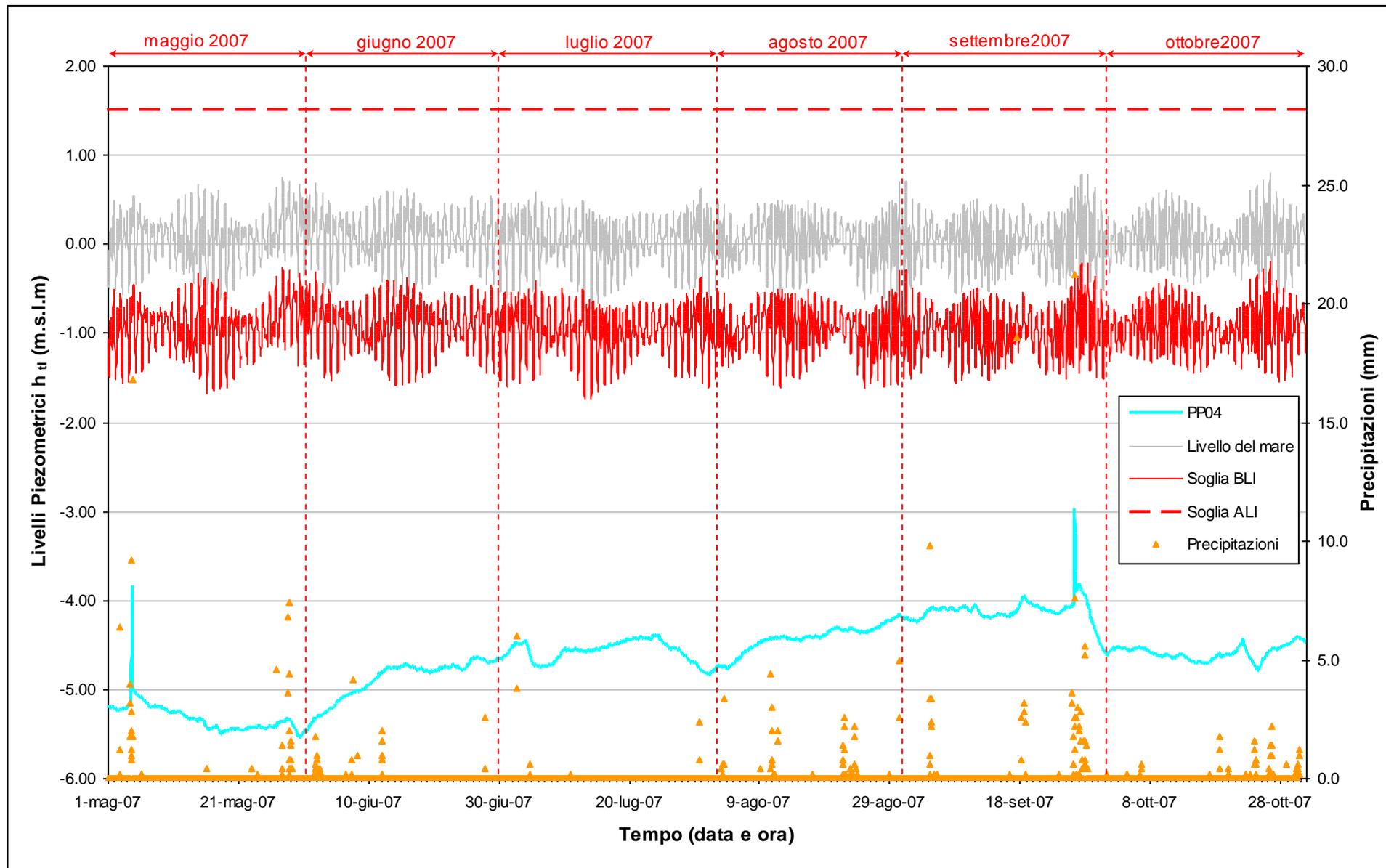
Fig. 2.36 - Livelli piezometrici ( $h_t$ ) relativi al piezometro profondo PP01 nel periodo di monitoraggio 01/11/2007 - 30/04/2008

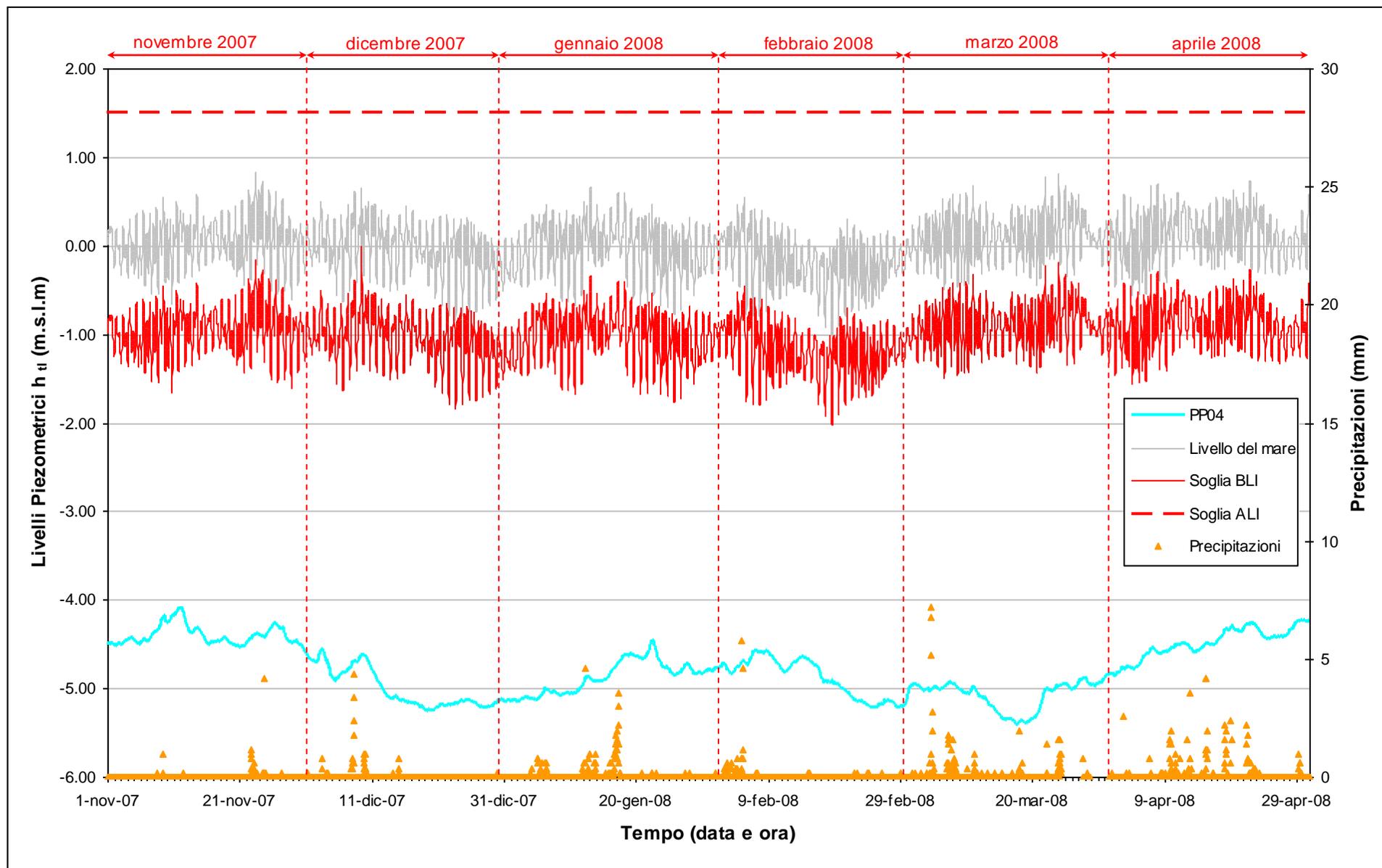
Fig. 2.37 - Livelli piezometrici ( $h_t$ ) relativi al piezometro profondo PP02 nel periodo di monitoraggio 01/05/2007 - 31/10/2007

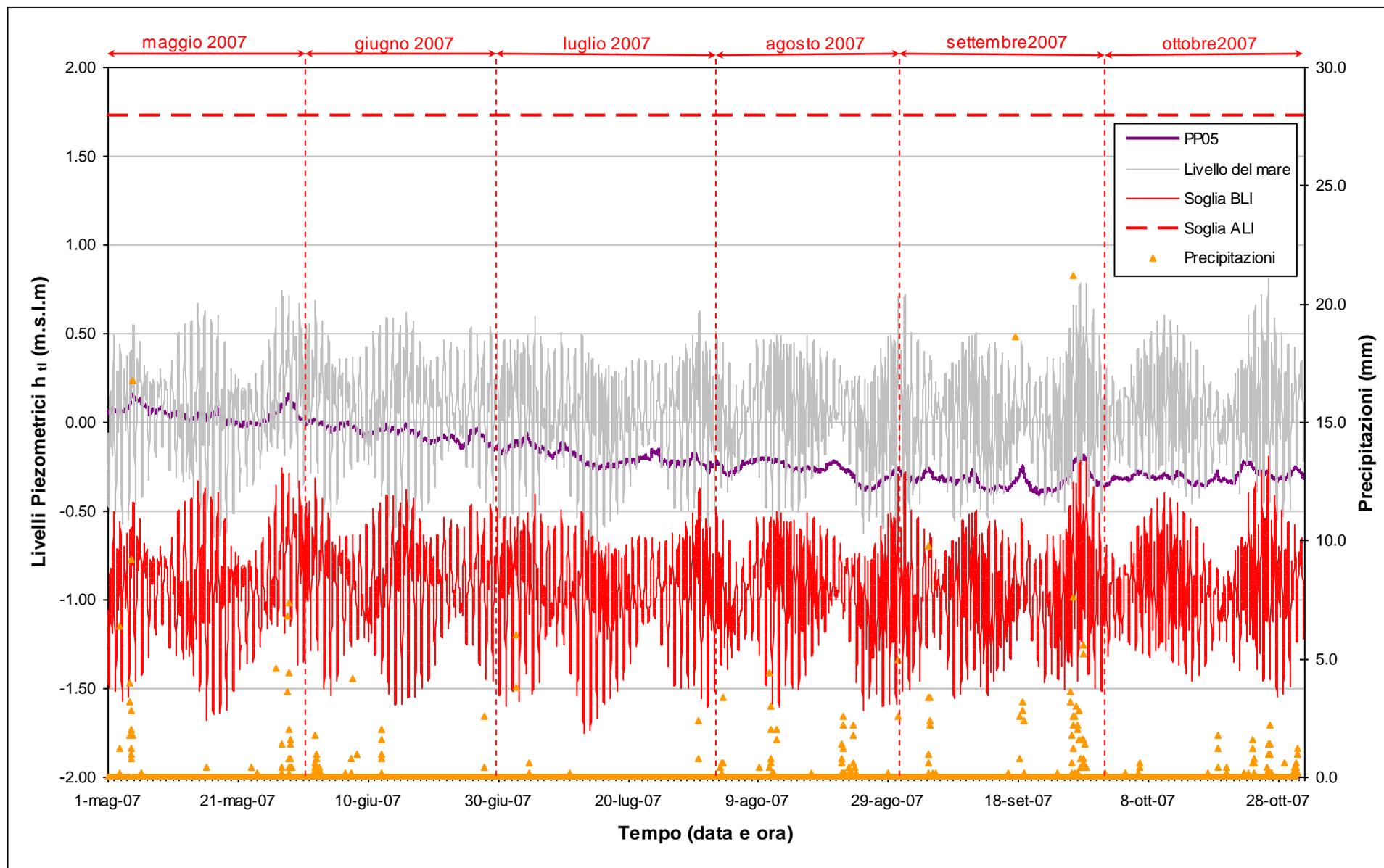
Fig. 2.38 - Livelli piezometrici ( $h_t$ ) relativi al piezometro profondo PP02 nel periodo di monitoraggio 01/11/2007 - 30/04/2008

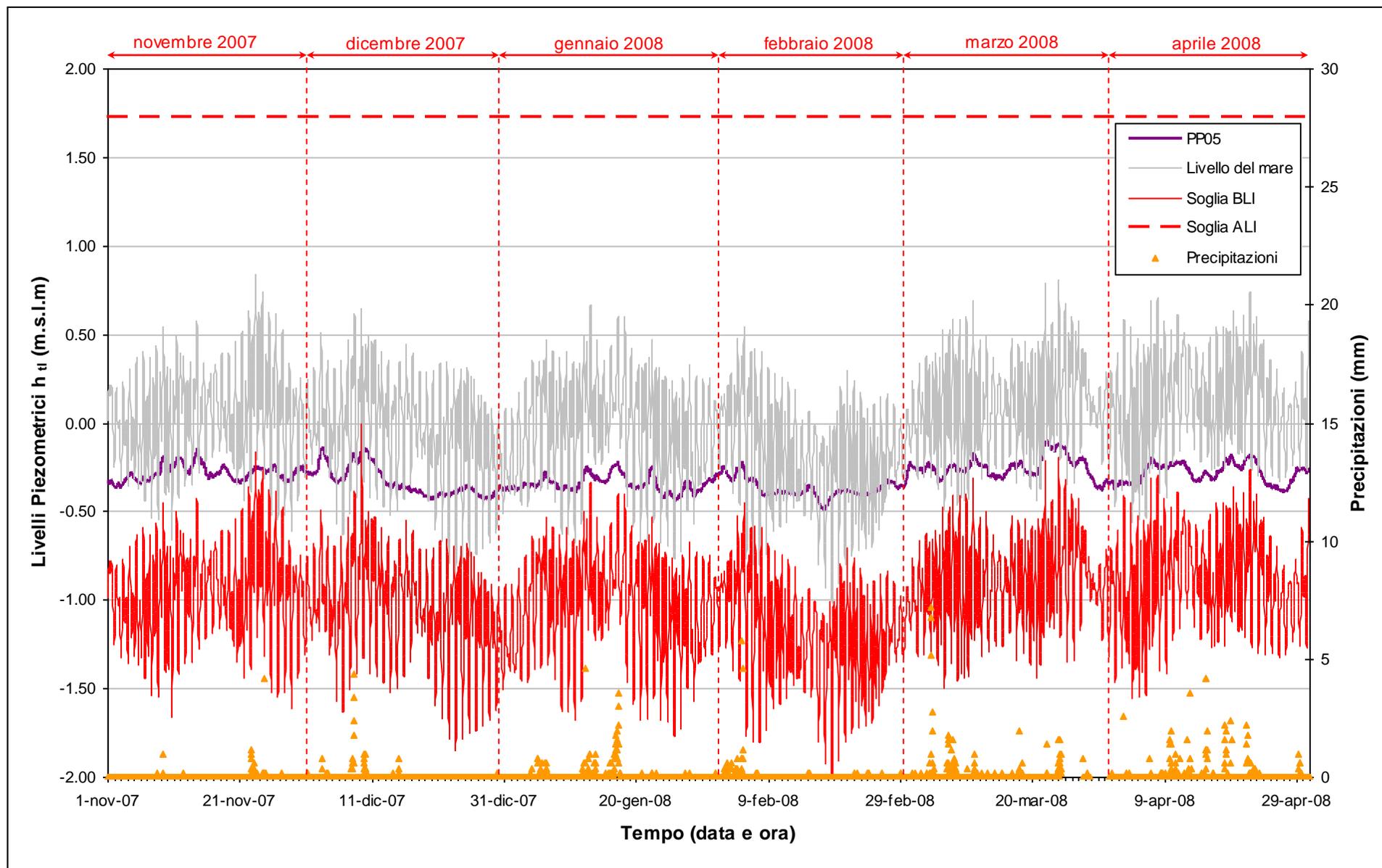
Fig. 2.39 - Livelli piezometrici ( $h_t$ ) relativi al piezometro profondo PP03 nel periodo di monitoraggio 01/05/2007 - 31/10/2007

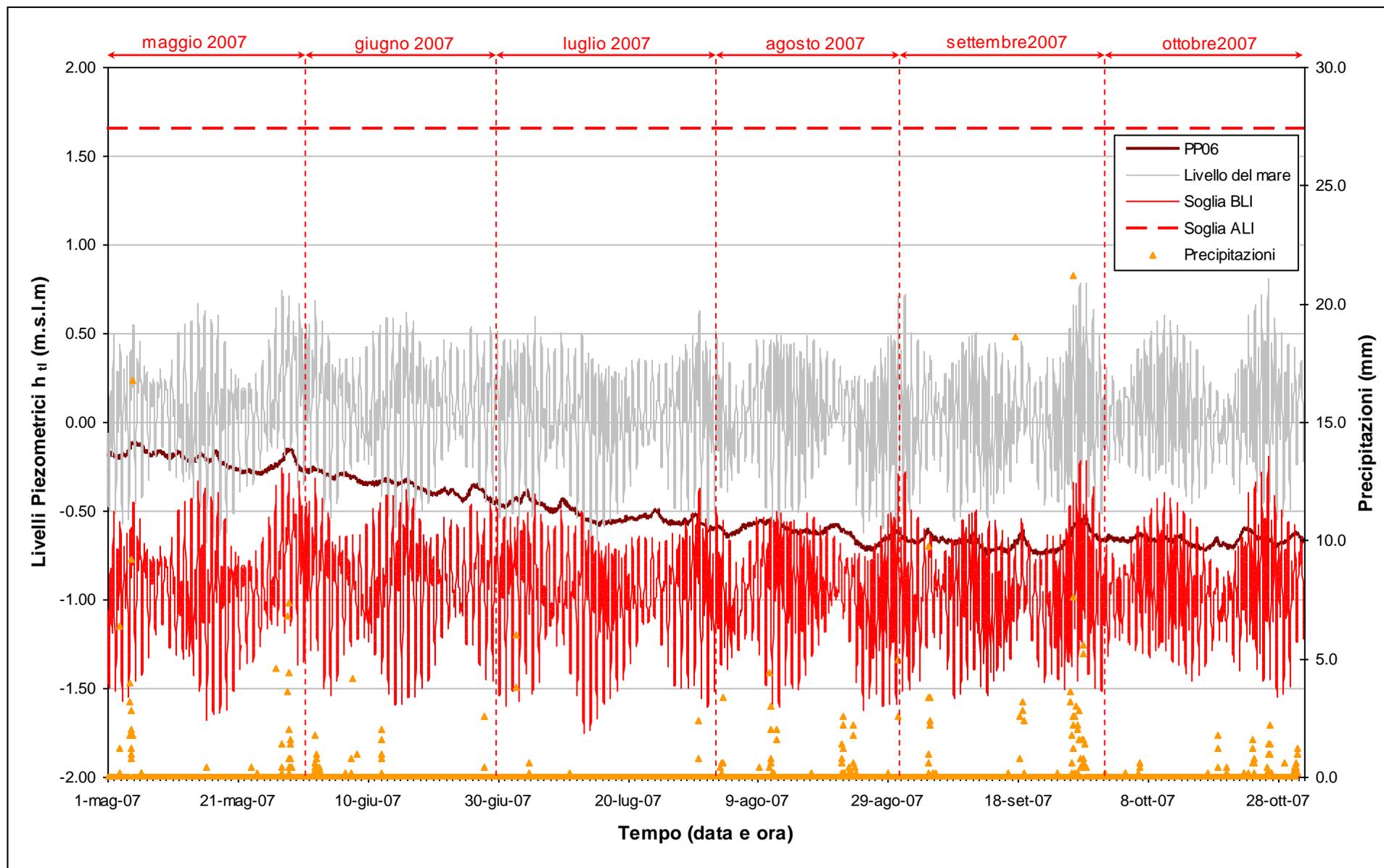
Fig. 2.40 - Livelli piezometrici ( $h_t$ ) relativi al piezometro profondo PP03 nel periodo di monitoraggio 01/11/2007 - 30/04/2008

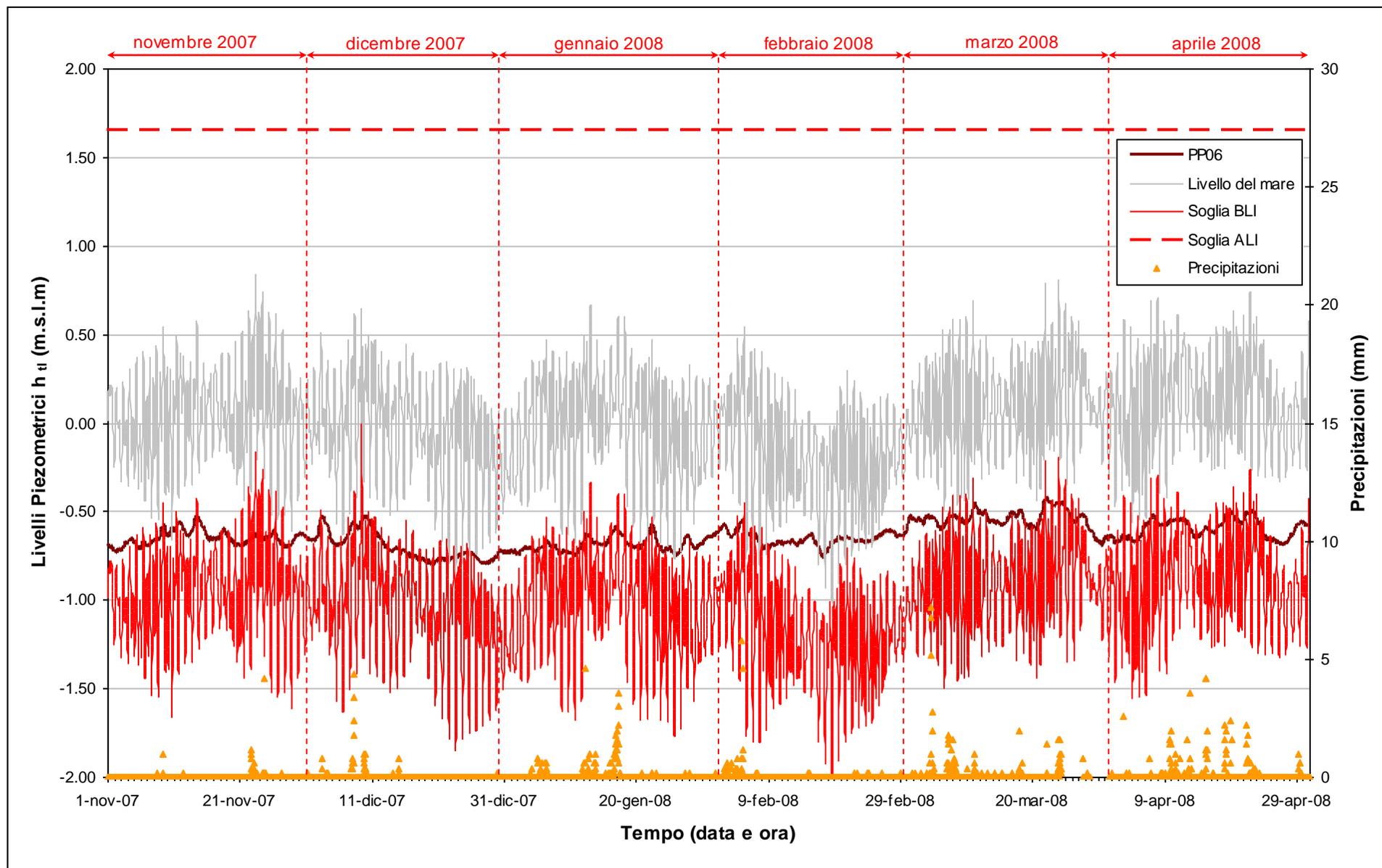
Fig. 2.41 - Livelli piezometrici ( $h_t$ ) relativi al piezometro profondo PP04 nel periodo di monitoraggio 01/05/2007 - 31/10/2007

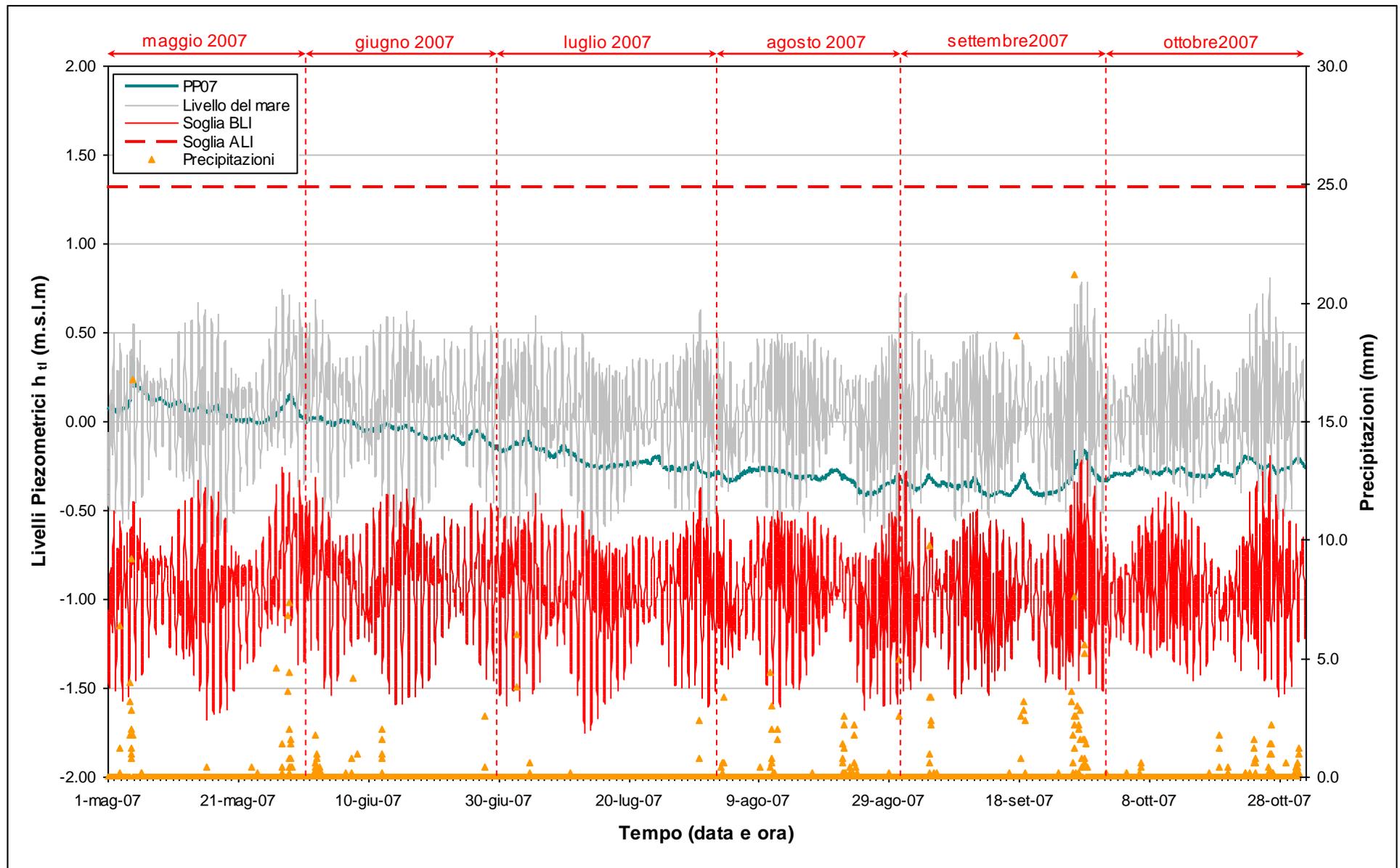
Fig. 2.42 - Livelli piezometrici ( $h_t$ ) relativi al piezometro profondo PP04 nel periodo di monitoraggio 01/11/2007 - 30/04/2008

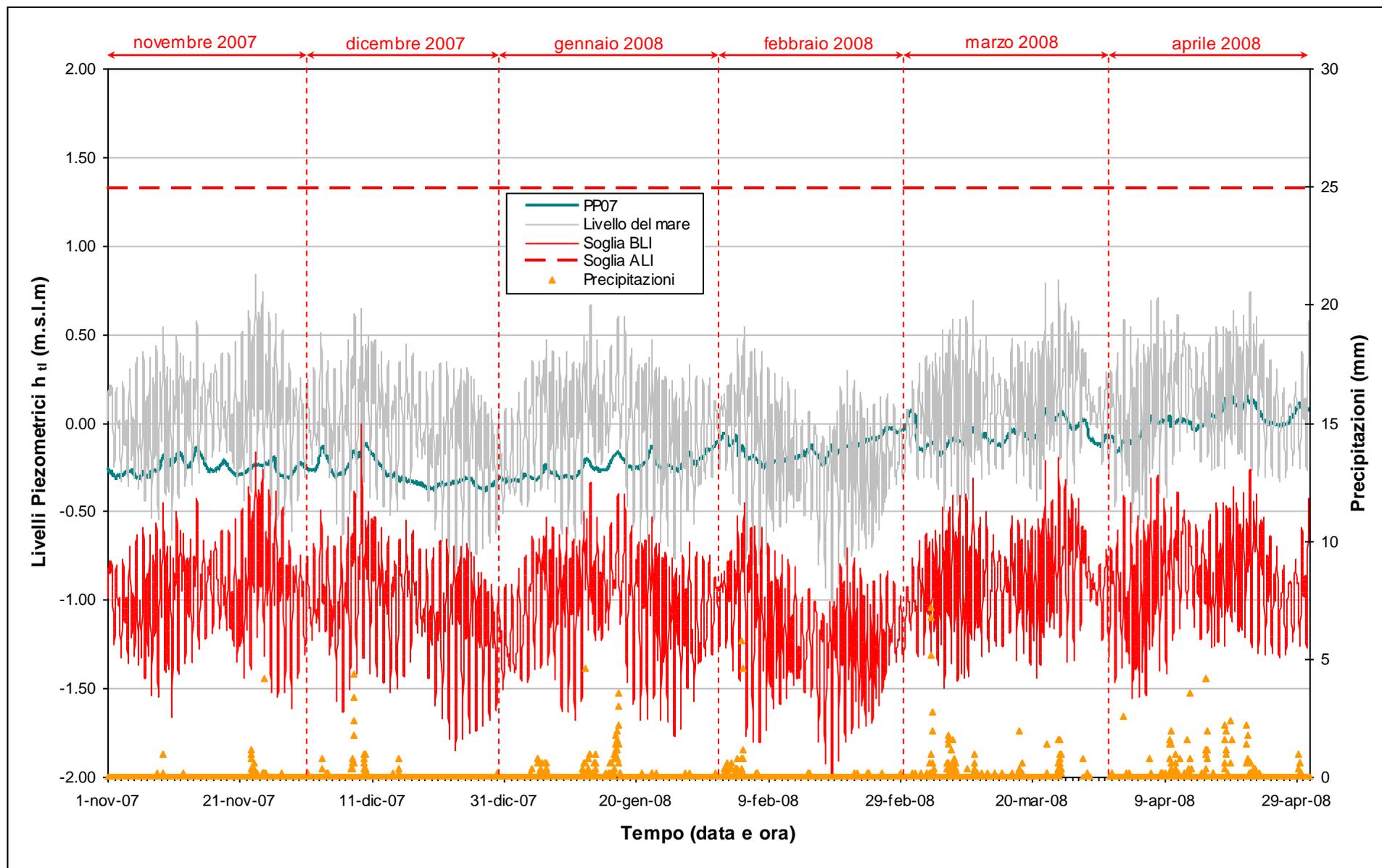
Fig. 2.43 - Livelli piezometrici ( $h_t$ ) relativi al piezometro profondo PP05 nel periodo di monitoraggio 01/05/2007 - 31/10/2007

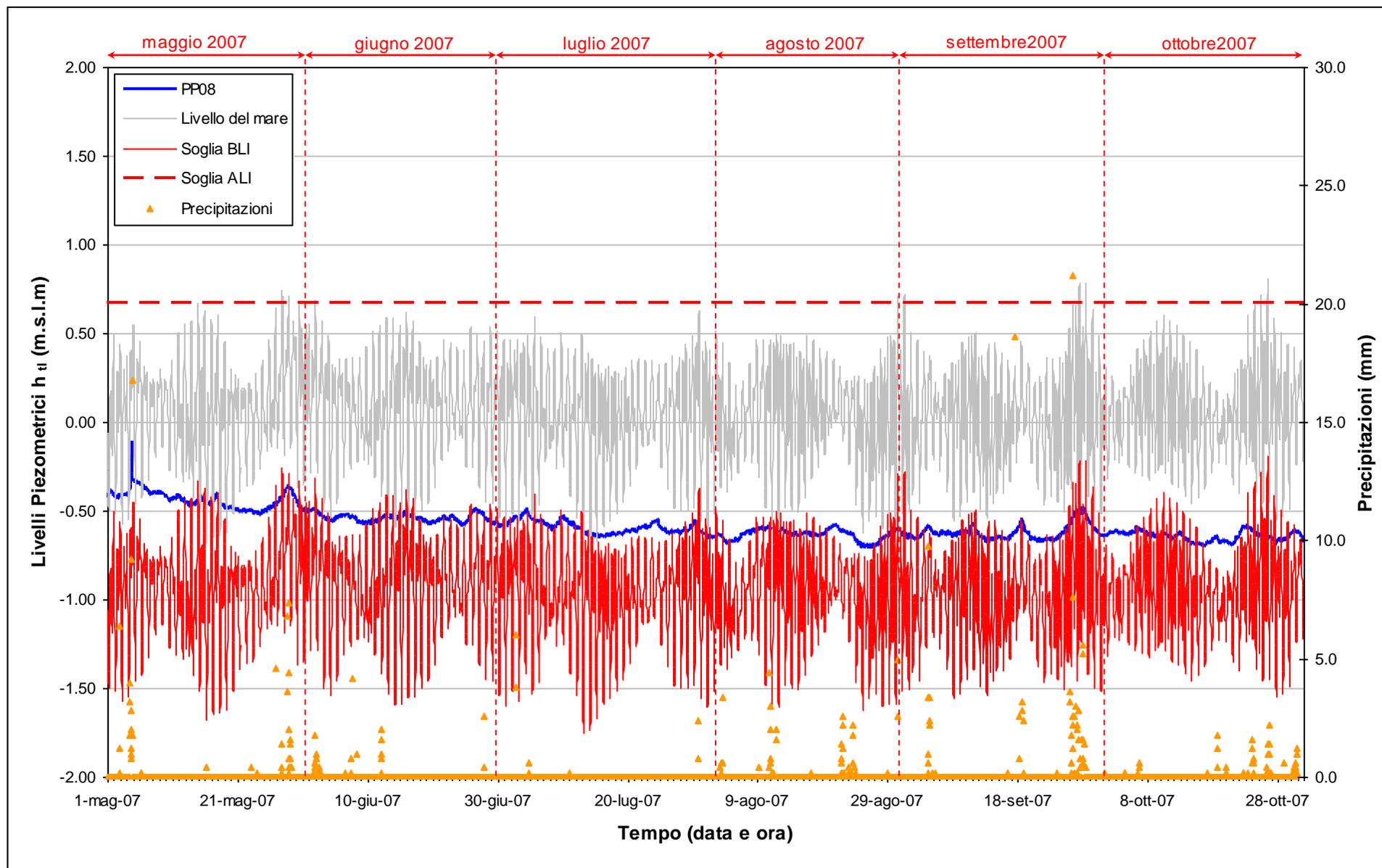
Fig. 2.44 - Livelli piezometrici ( $h_t$ ) relativi al piezometro profondo PP05 nel periodo di monitoraggio 01/11/2007 - 30/04/2008

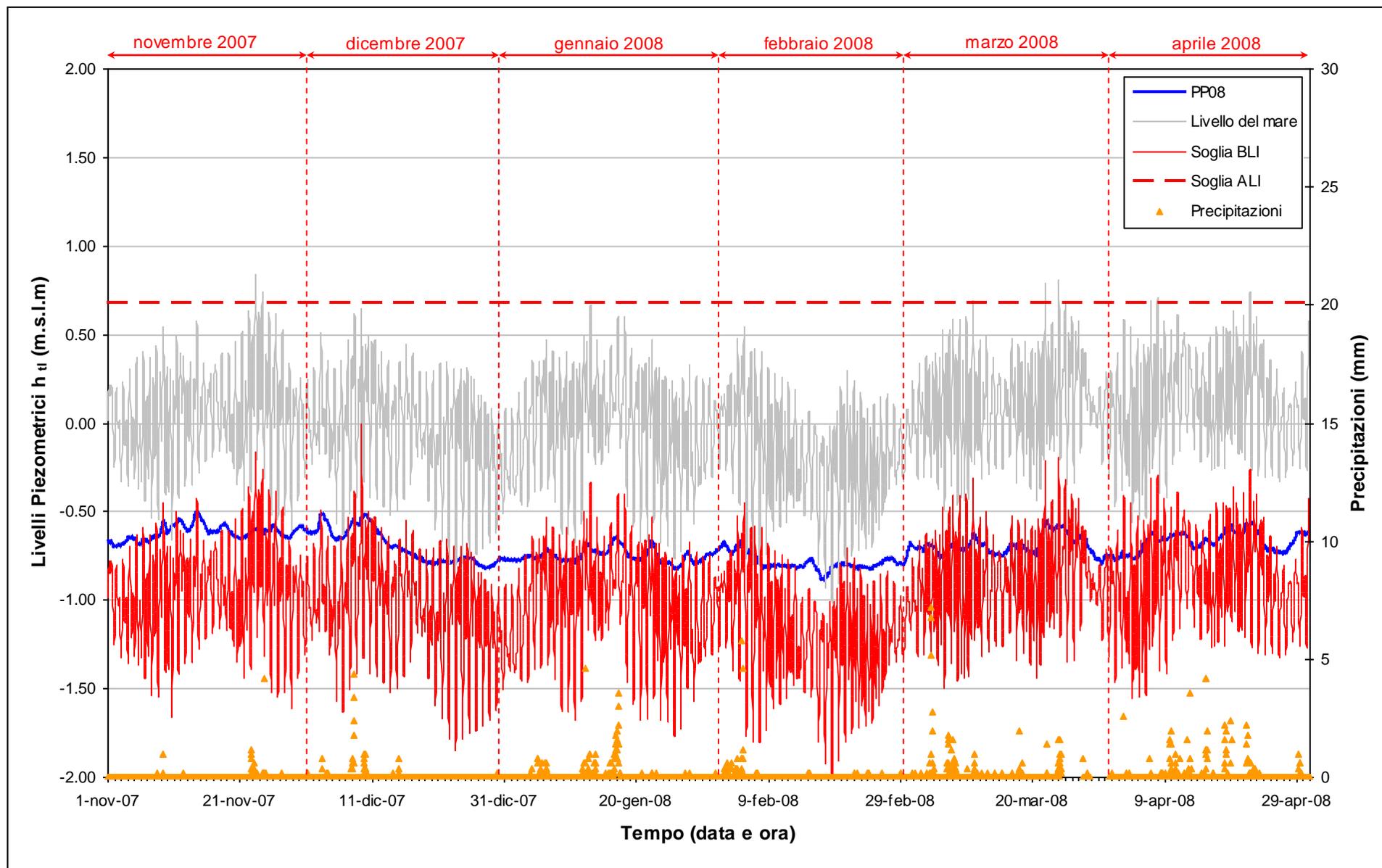
Fig. 2.45 - Livelli piezometrici ( $h_t$ ) relativi al piezometro profondo PP06 nel periodo di monitoraggio 01/05/2007 - 31/10/2007

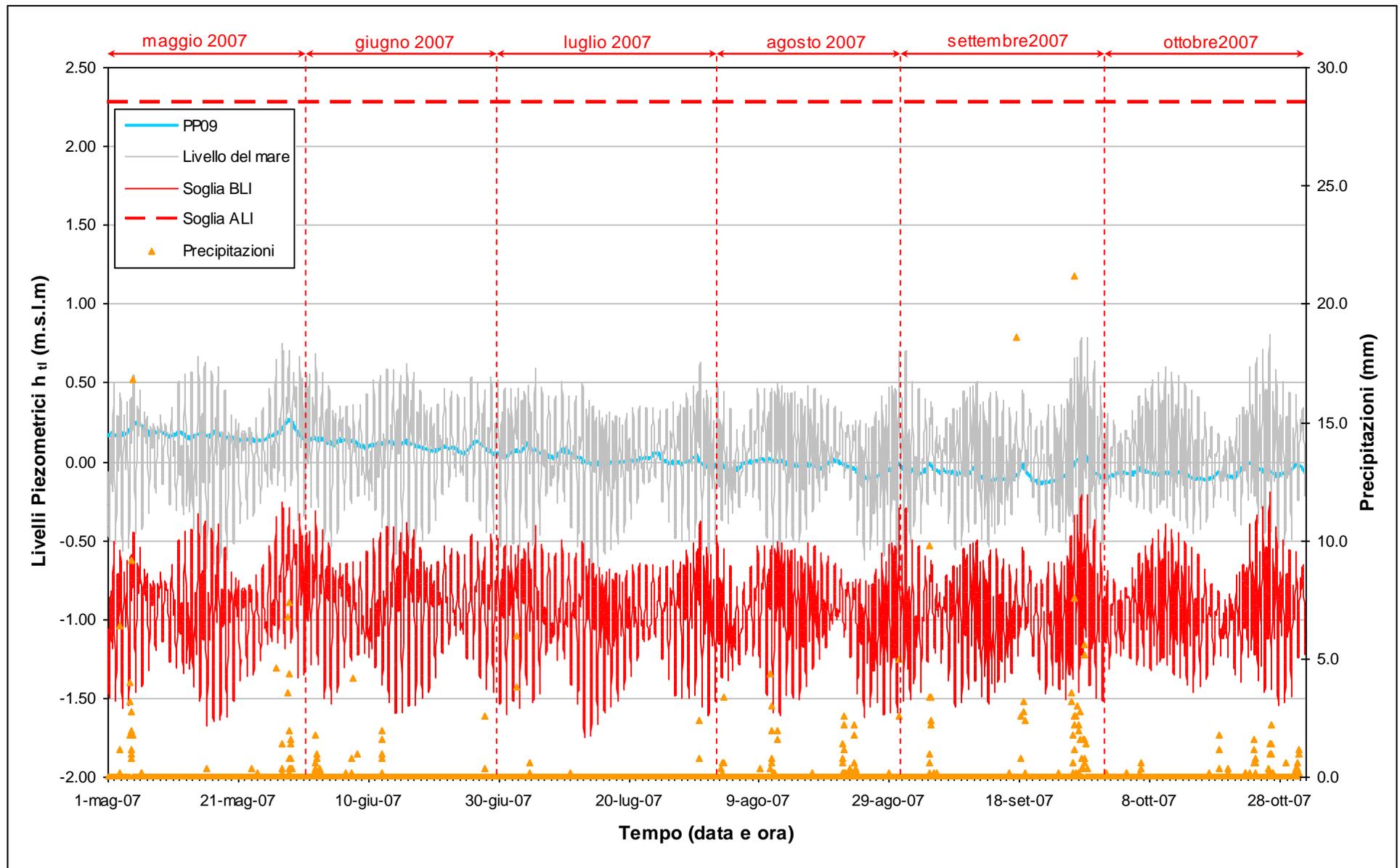
Fig. 2.46 - Livelli piezometrici ( $h_t$ ) relativi al piezometro profondo PP06 nel periodo di monitoraggio 01/11/2007 - 30/04/2008

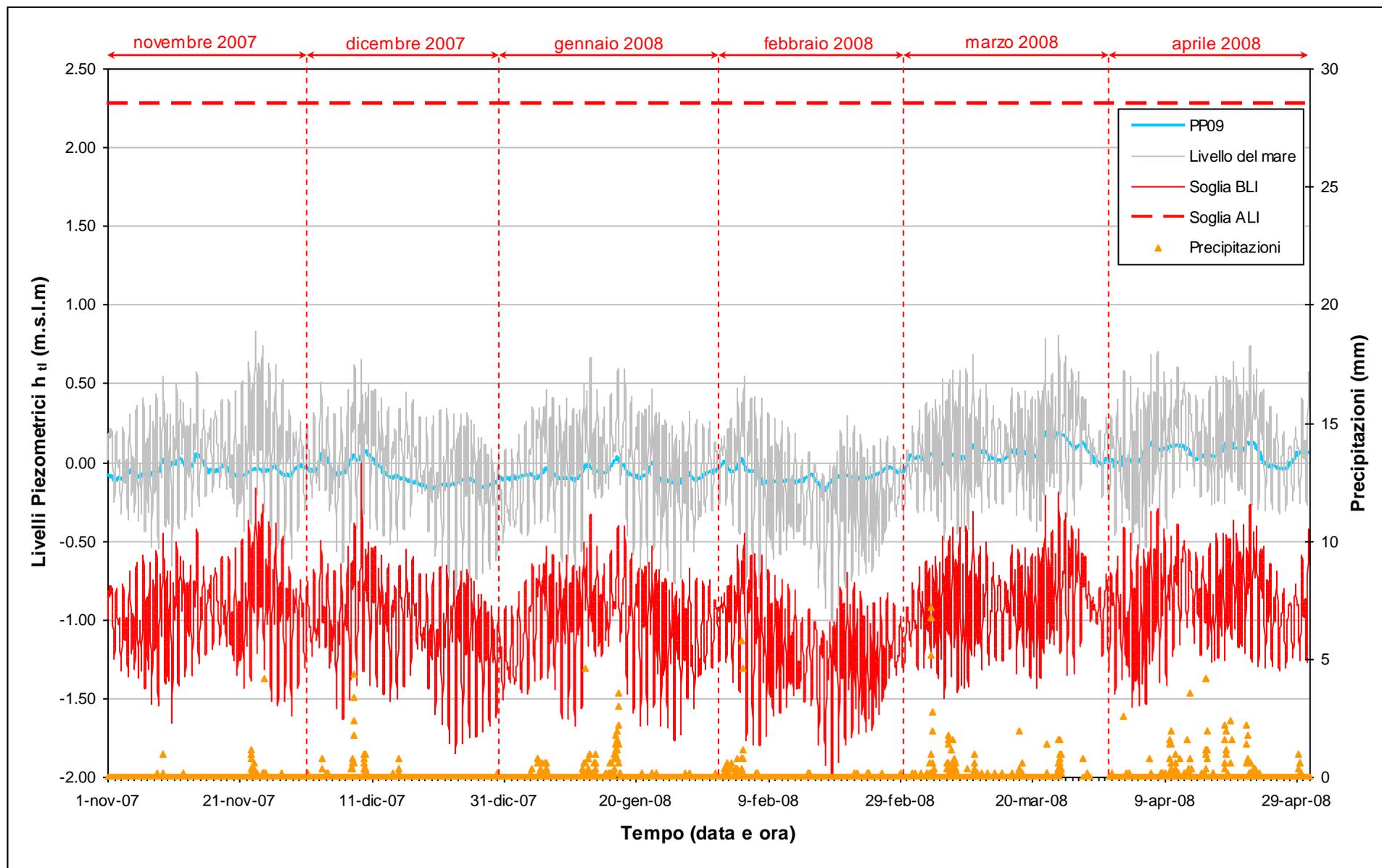
Fig. 2.47 - Livelli piezometrici ( $h_t$ ) relativi al piezometro profondo PP07 nel periodo di monitoraggio 01/05/2007 - 31/10/2007

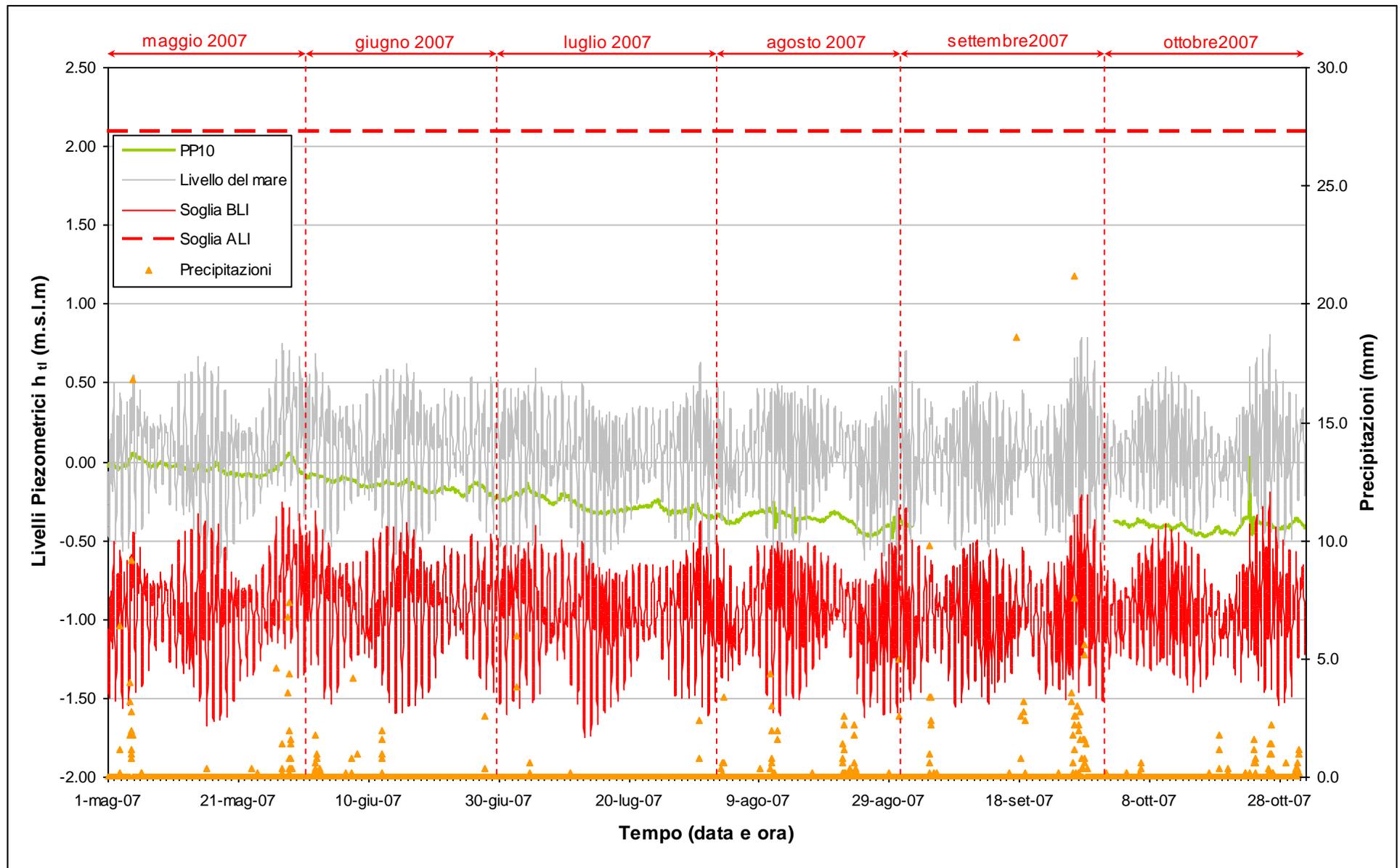
Fig. 2.48 - Livelli piezometrici ( $h_t$ ) relativi al piezometro profondo PP07 nel periodo di monitoraggio 01/11/2007 - 30/04/2008

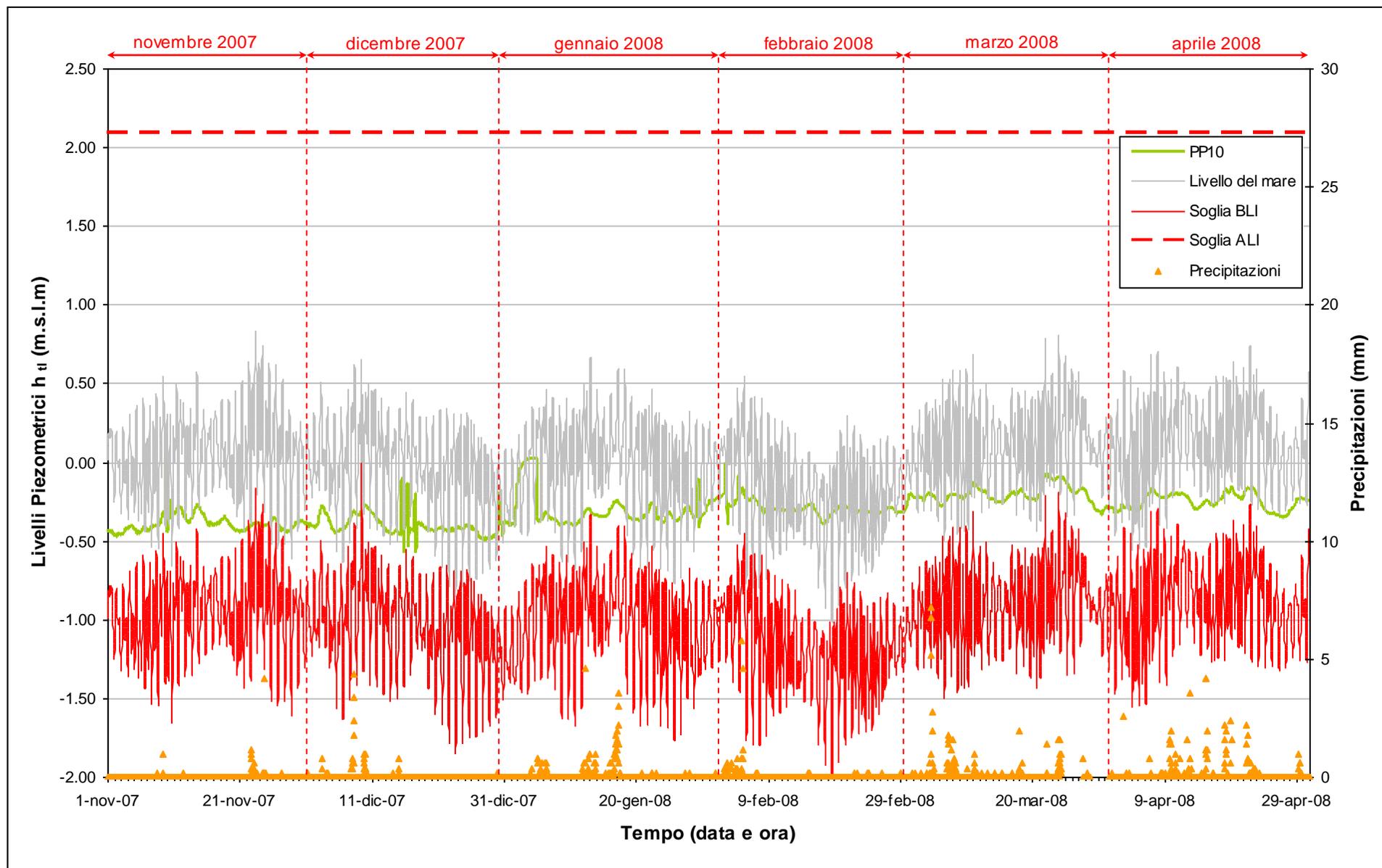
Fig. 2.49 - Livelli piezometrici ( $h_t$ ) relativi al piezometro profondo PP08 nel periodo di monitoraggio 01/05/2007 - 31/10/2007

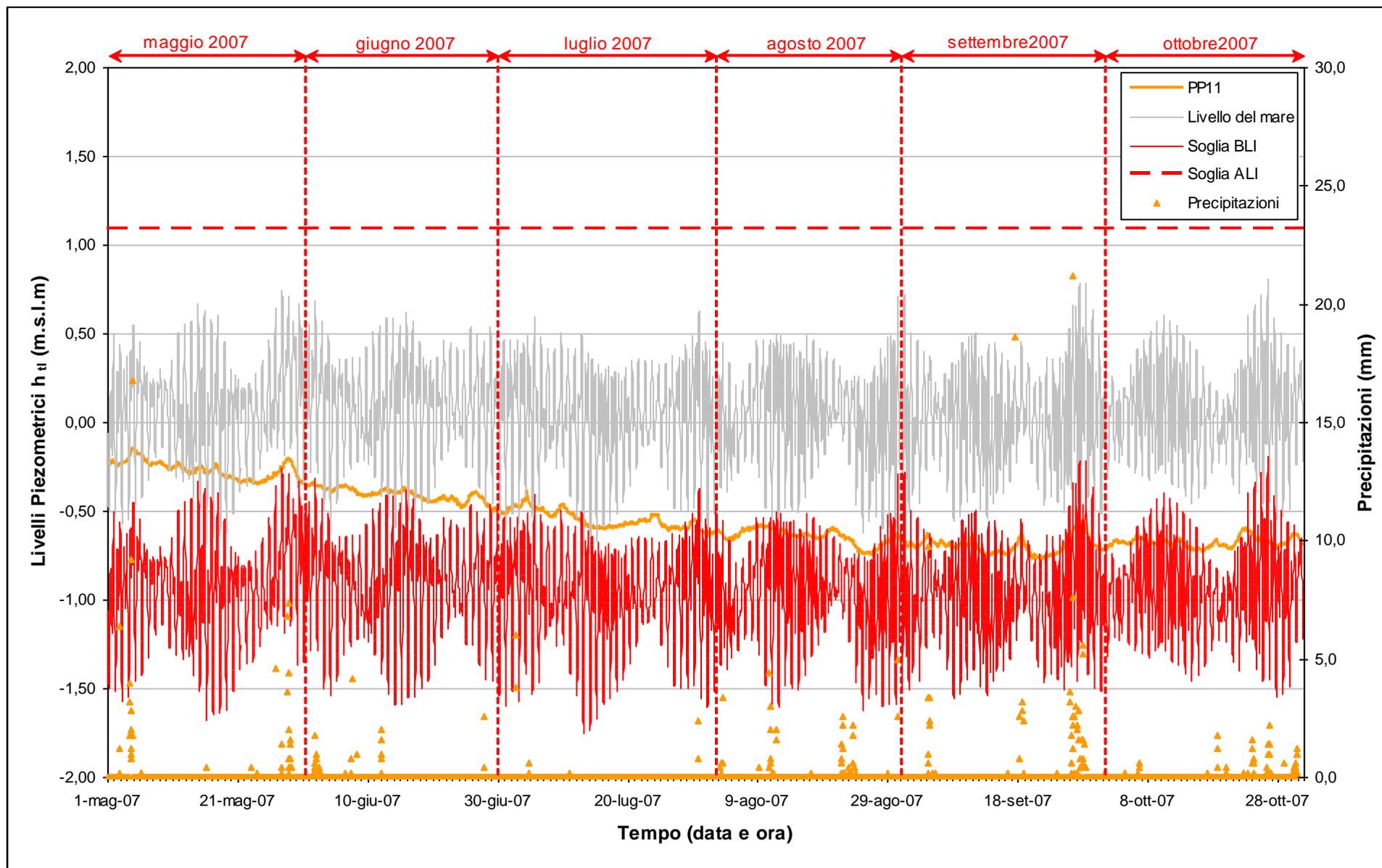
Fig. 2.50 - Livelli piezometrici ( $h_t$ ) relativi al piezometro profondo PP08 nel periodo di monitoraggio 01/11/2007 - 30/04/2008

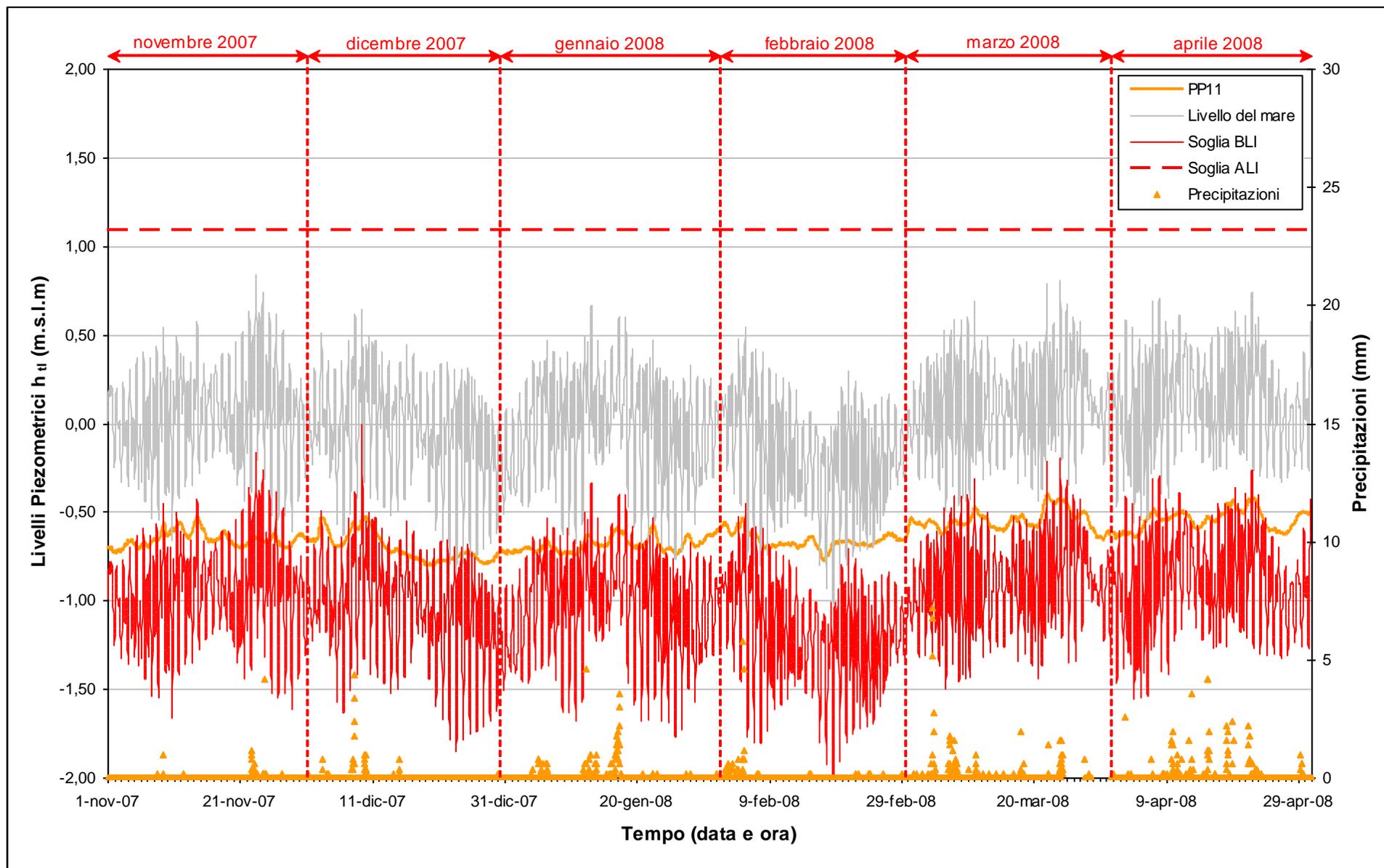
Fig. 2.51 - Livelli piezometrici ( $h_t$ ) relativi al piezometro profondo PP09 nel periodo di monitoraggio 01/05/2007 - 31/10/2007

Fig. 2.52 - Livelli piezometrici ( $h_t$ ) relativi al piezometro profondo PP09 nel periodo di monitoraggio 01/11/2007 - 30/04/2008

Fig. 2.53 - Livelli piezometrici ( $h_t$ ) relativi al piezometro profondo PP10 nel periodo di monitoraggio 01/05/2007 - 31/10/2007

Fig. 2.54 - Livelli piezometrici ( $h_t$ ) relativi al piezometro profondo PP10 nel periodo di monitoraggio 01/11/2007 - 30/04/2008

Fig. 2.55 - Livelli piezometrici ( $h_t$ ) relativi al piezometro profondo PP11 nel periodo di monitoraggio 01/05/2007 - 31/10/2007

Fig. 2.56 - Livelli piezometrici ( $h_t$ ) relativi al piezometro profondo PP11 nel periodo di monitoraggio 01/11/2007 - 30/04/2008

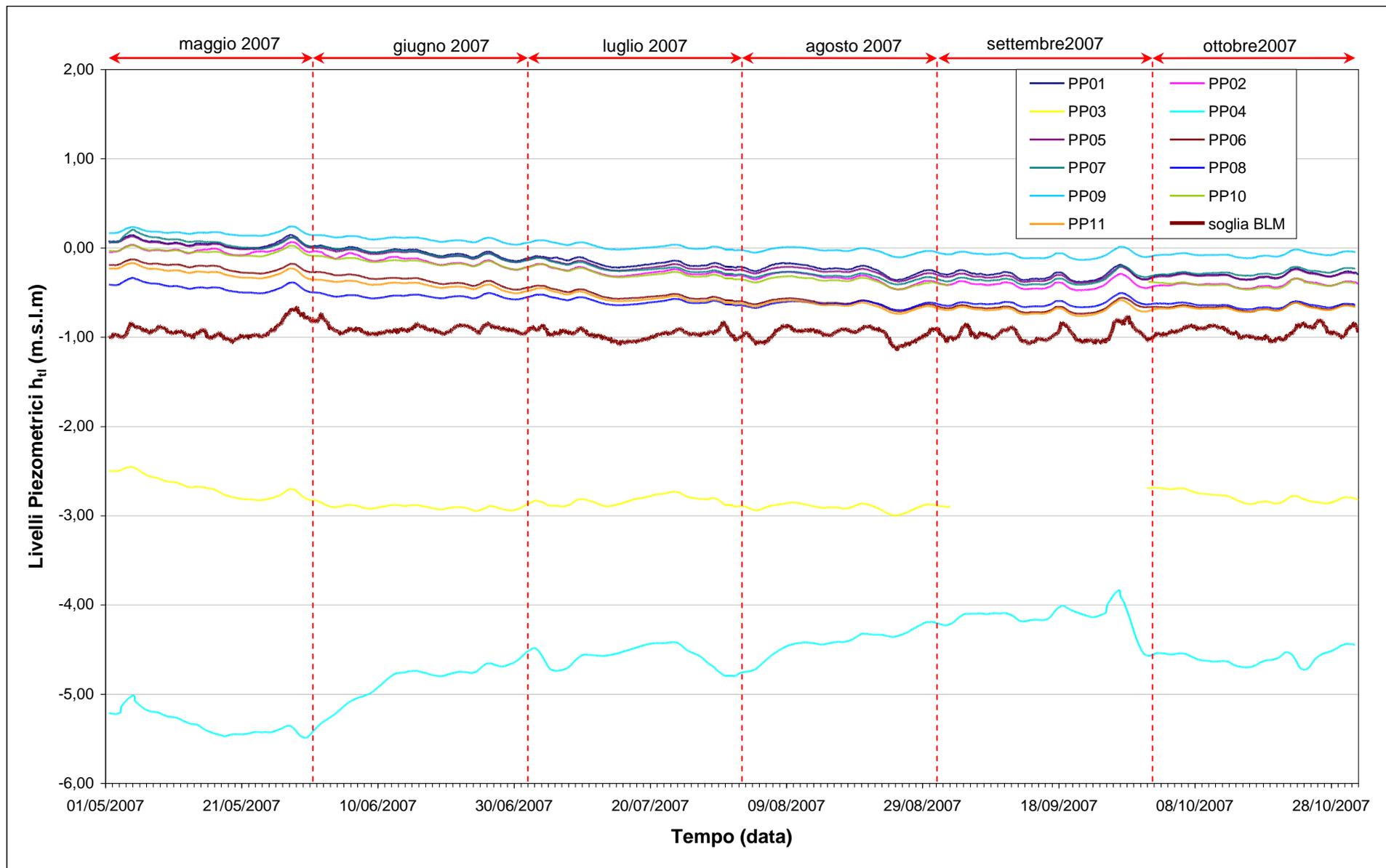


Fig. 2.57 - Verifica del rispetto della Soglia di Basso Livello Medio per i piezometri profondi nel periodo di monitoraggio 01/05/2007 - 31/10/2007

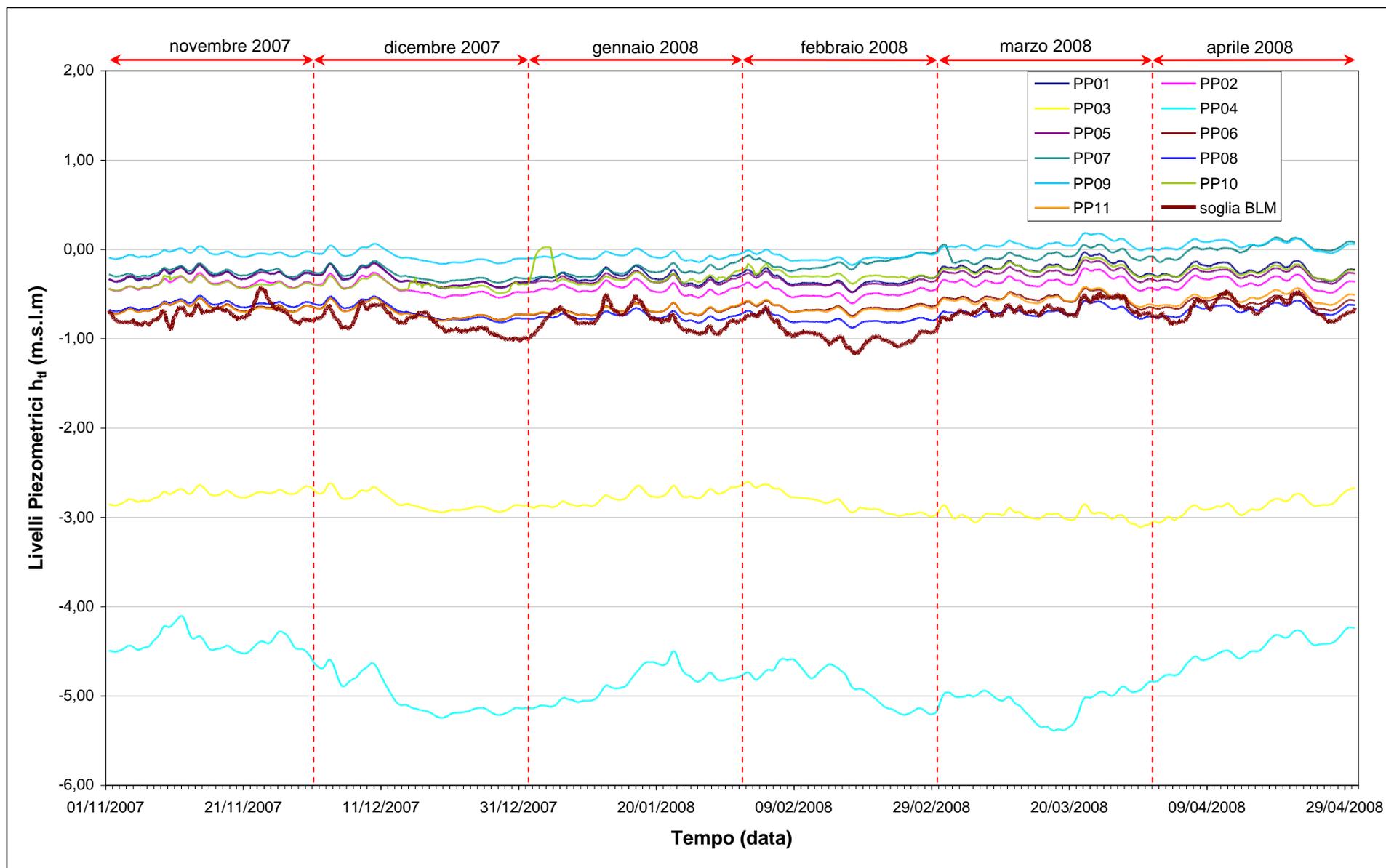


Fig. 2.58 - Verifica del rispetto della Soglia di Basso Livello Medio per i piezometri profondi nel periodo di monitoraggio 01/11/2007 - 30/04/2008

### 3. VERIFICA DEL RISPETTO DELLE SOGLIE DI AZIONE

Le soglie identificate nel “Rapporto di Variabilità Attesa” (Studio B.6.72 B/1, 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.3.1):

- 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.3. 1 - 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.3.1.

In tutti i piezometri profondi e superficiali le soglie di Alto Livello Istantaneo e Medio sono sempre state rispettate nel periodo di monitoraggio.

Nei piezometri superficiali, le soglie di Basso Livello Istantaneo sono sempre state rispettate, ad eccezione dei piezometri PS03 (in data 30/07/07 e 30-31/08/07) e dei piezometri PS04, PS07, PS10 e PS11 (in data 30-31/08/07). Tali superamenti sono imputabili alla forte evapotraspirazione e alle scarse piogge.

Nei piezometri profondi, le soglie di Basso Livello Medio sono sempre state rispettate, ad eccezione dei piezometri PP03 e PP04, in tutto il periodo monitorato. Tali superamenti sono dovuti alle attività di cantiere (emungimento dei pozzi di dewatering della tura).

In occasione dei massimi mareali sono stati rilevati alcuni superamenti della soglia di Basso Livello Istantaneo nei piezometri PP01, PP02, PP05, PP07, PP10; sono stati registrati frequenti superamenti della soglia di Basso Livello Istantaneo, in occasione dei massimi mareali, nei piezometri PP06, PP11 (dal 29/07/07 al 30/04/08) e PP08 (in tutto il periodo monitorato).

Le Soglie di Basso Livello Istantaneo non risultano rispettate nei piezometri PP03 e PP04 durante tutto il periodo monitorato. Tale superamento è attribuibile alle attività di cantiere (emungimento dei pozzi di dewatering della tura).

## 4. ANALISI DELLA DENSITÀ DELL'ACQUA DI FALDA

### 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.

Nelle Figg.4.1-4.11 sono rappresentati i profili di densità dei piezometri superficiali, mentre nelle Figg.4.12-4.22 quelli relativi ai piezometri profondi.

Nelle figure riguardanti i piezometri profondi è evidenziata (con un tratto più spesso) la posizione della finestratura. In ogni grafico la rette tratteggiate orizzontale indicano la quota in cui è posto il trasduttore di pressione.

Nei piezometri superficiali PS01, PS04, PS05, PS08, PS09, PS10 si osserva un aumento della densità dell'acqua di falda nel periodo giugno-settembre 2007, attribuibile al flusso sotterraneo proveniente dal mare. Tale flusso è causato dalla riduzione dei livelli di falda superficiale in seguito alla forte evapotraspirazione nei mesi estivi.

Negli altri piezometri superficiali non si osservano variazioni apprezzabili della densità dell'acqua di falda.

Nei piezometri profondi PP01, PP08 e PP09 la densità subisce variazioni stagionali meno marcate rispetto a quelle riscontrabili negli omologhi piezometri superficiali, con un aumento nel periodo giugno-settembre 2007.

Negli altri piezometri profondi non si osservano variazioni apprezzabili della densità dell'acqua di falda.

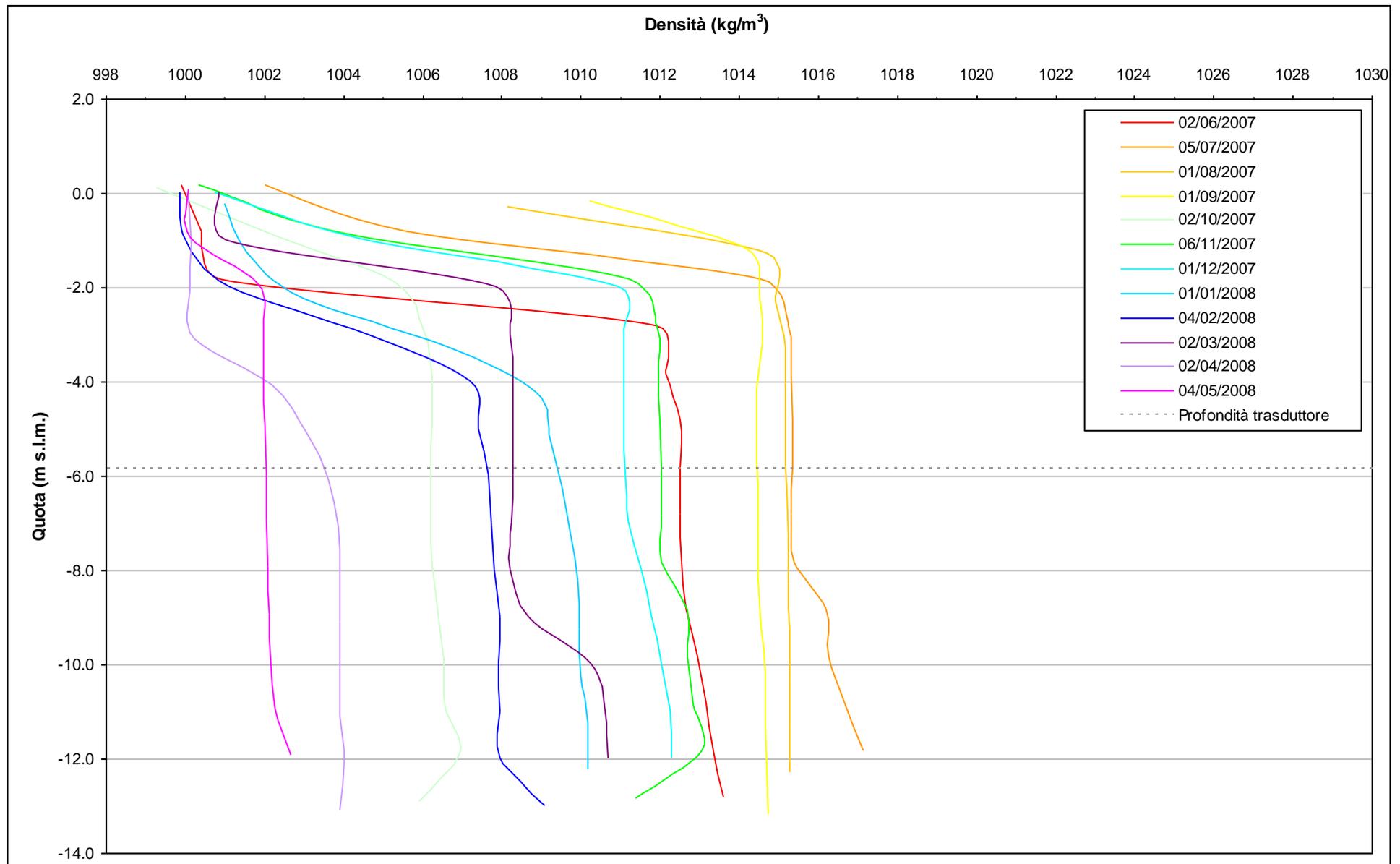


Fig. 4.1 - Profili verticali di densità PS01

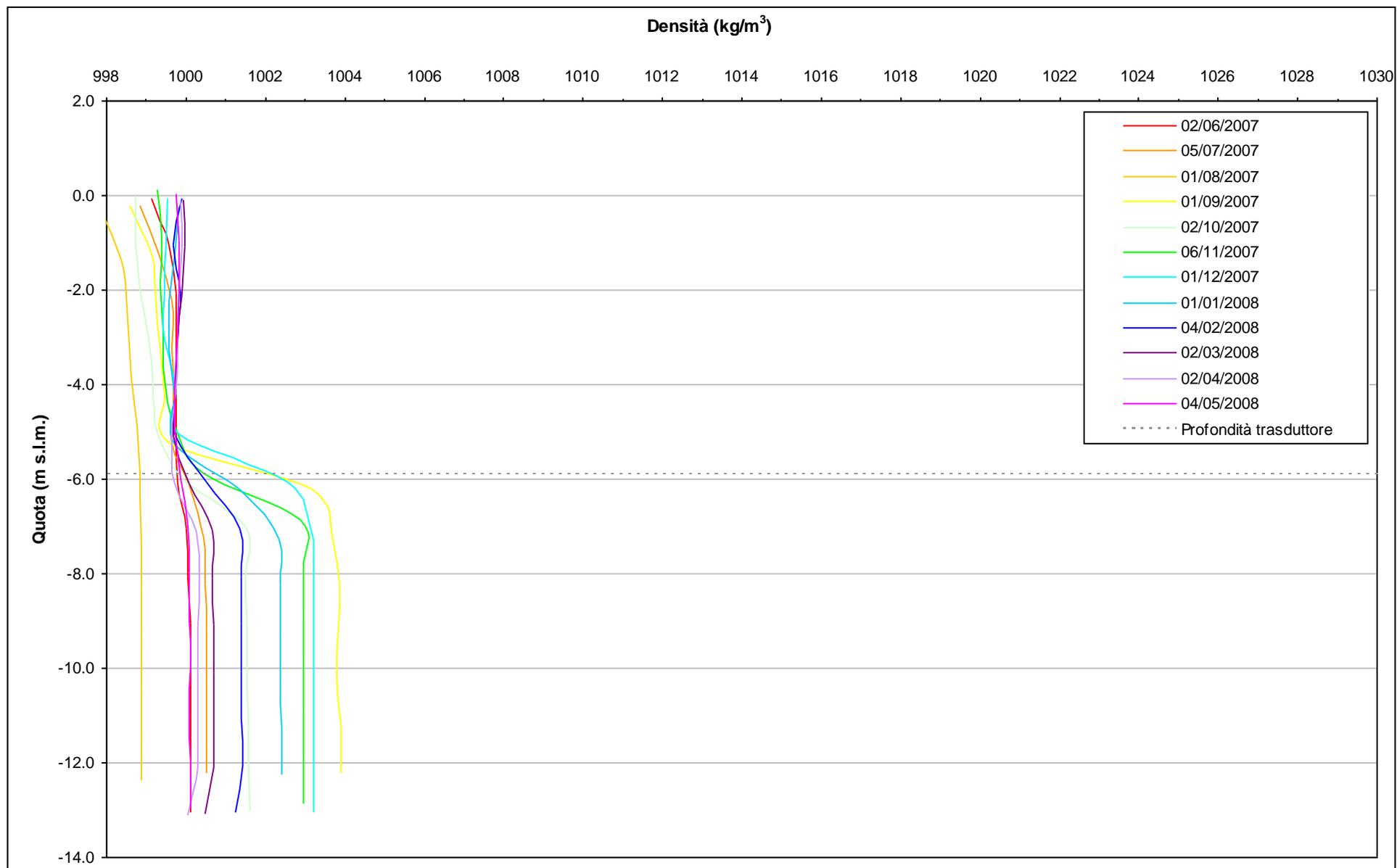


Fig. 4.2 - Profili verticali di densità PS02

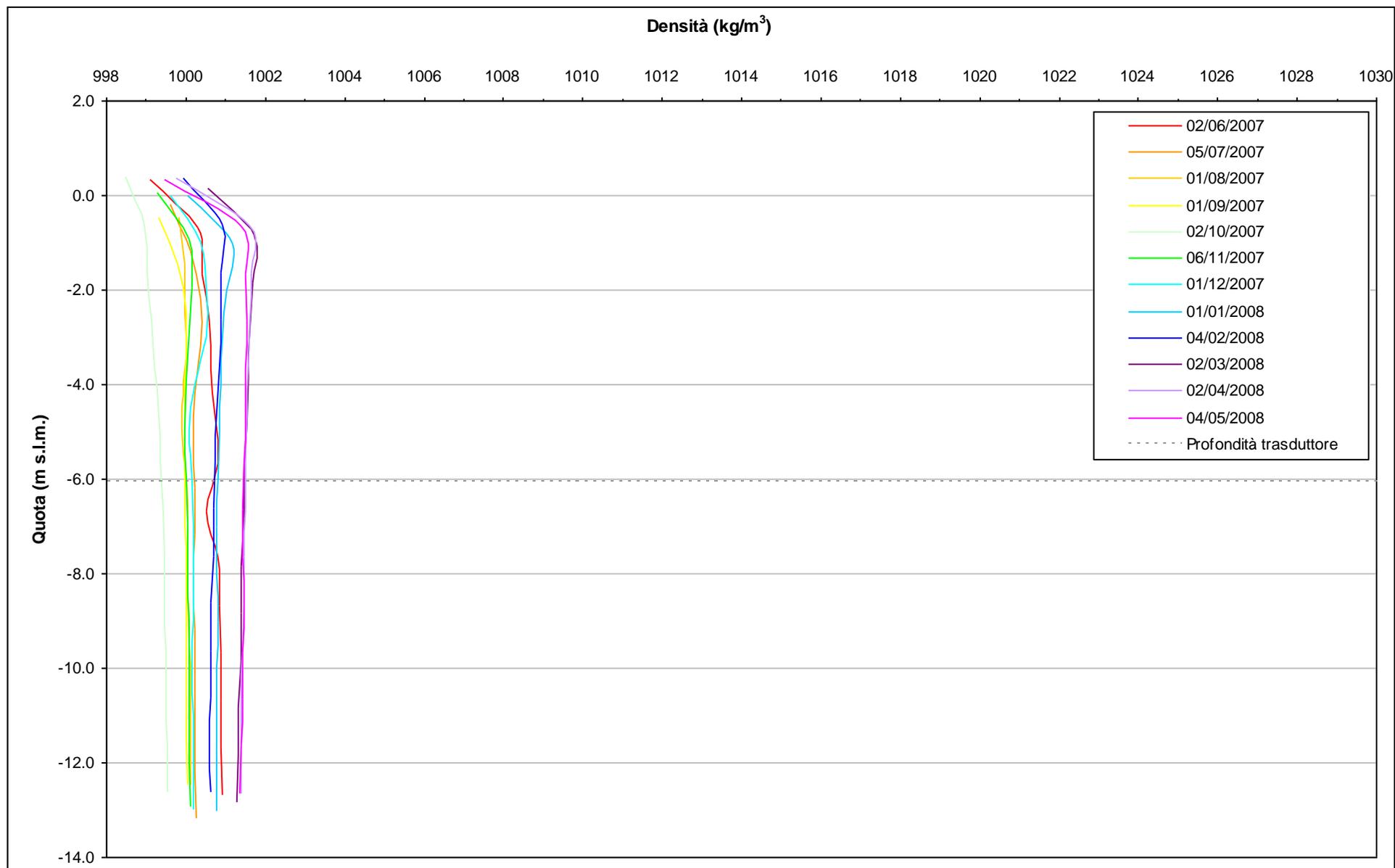


Fig. 4.3 - Profili verticali di densità PS03

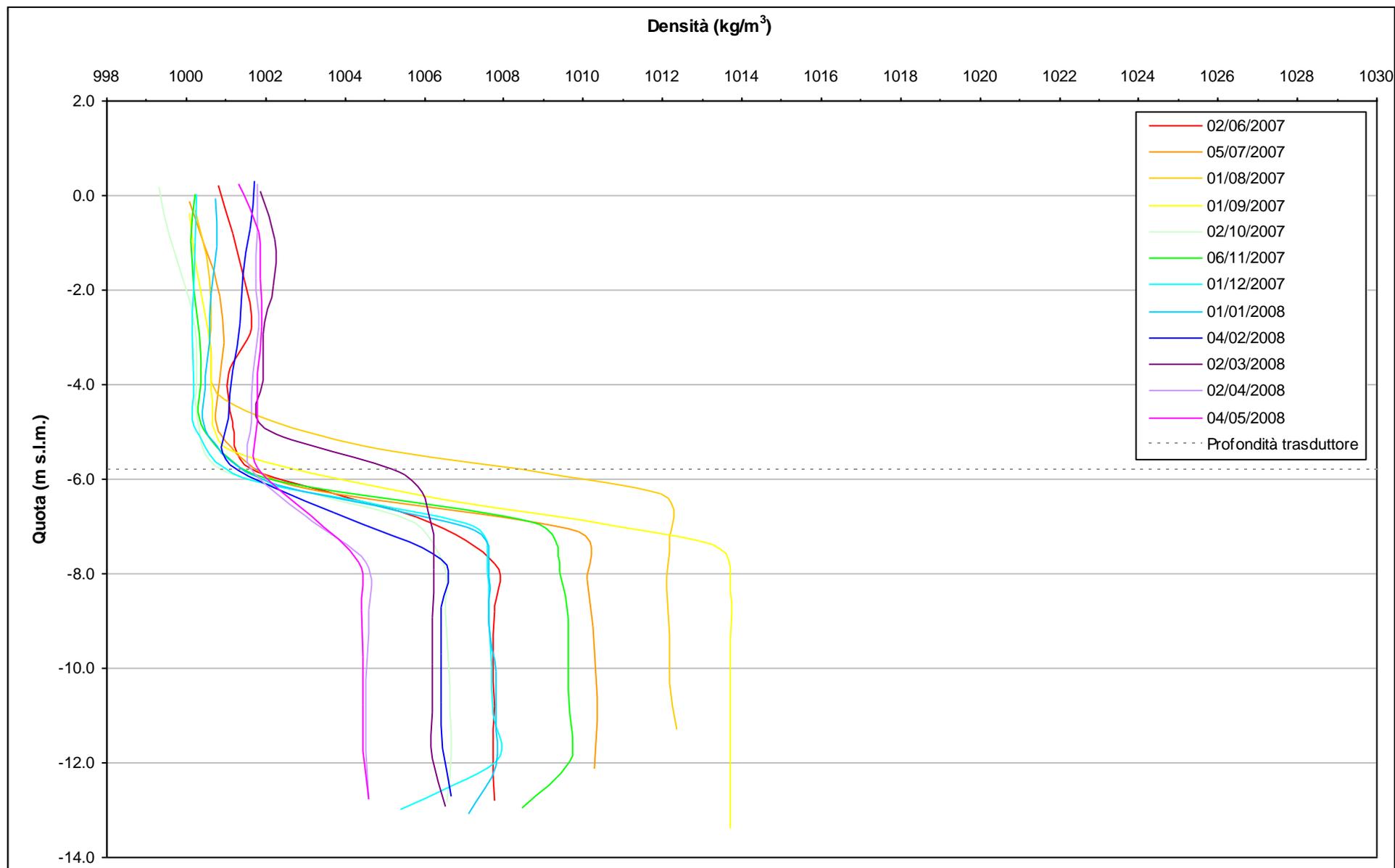


Fig. 4.4 - Profili verticali di densità PS04

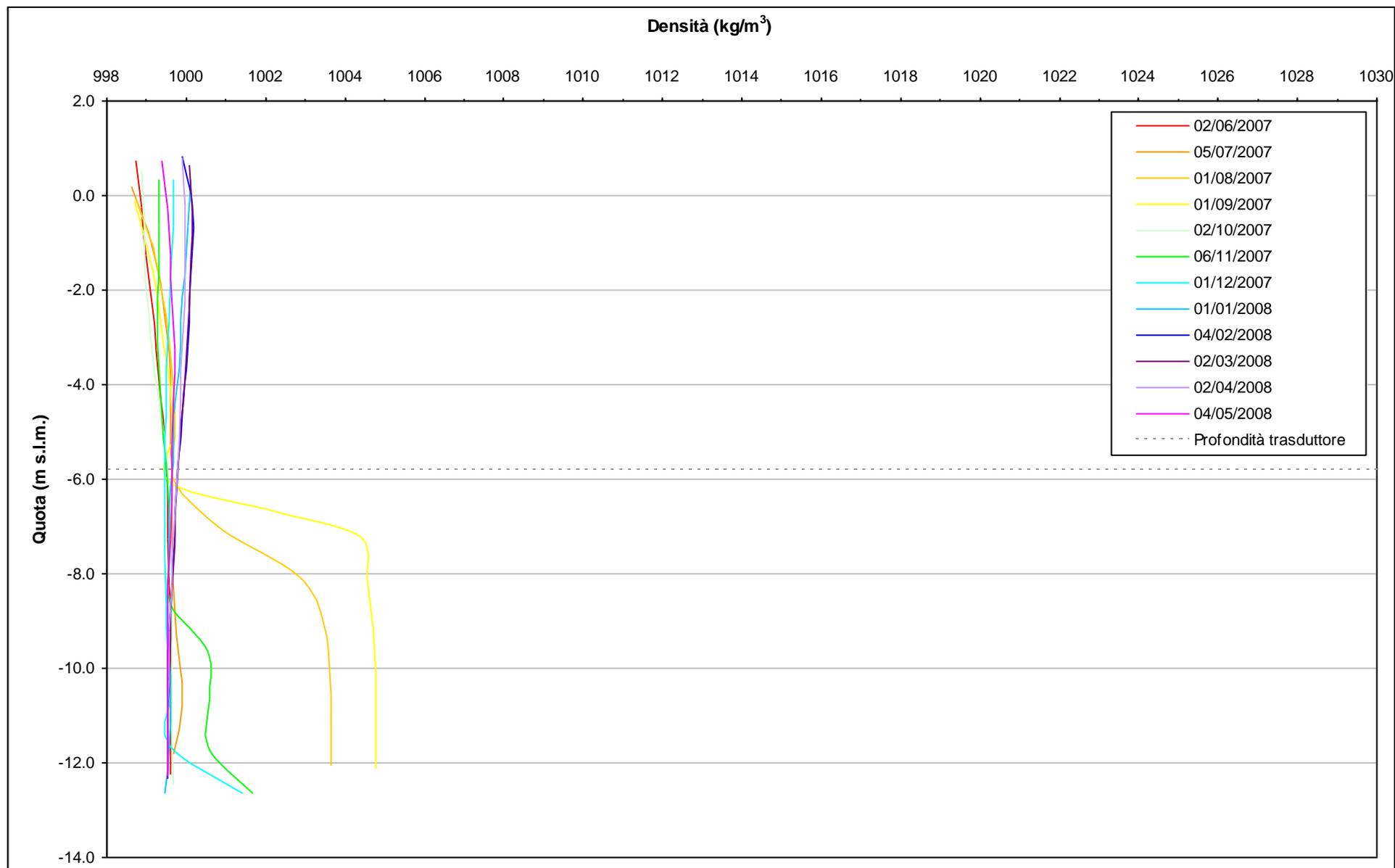


Fig. 4.5 - Profili verticali di densità PS05

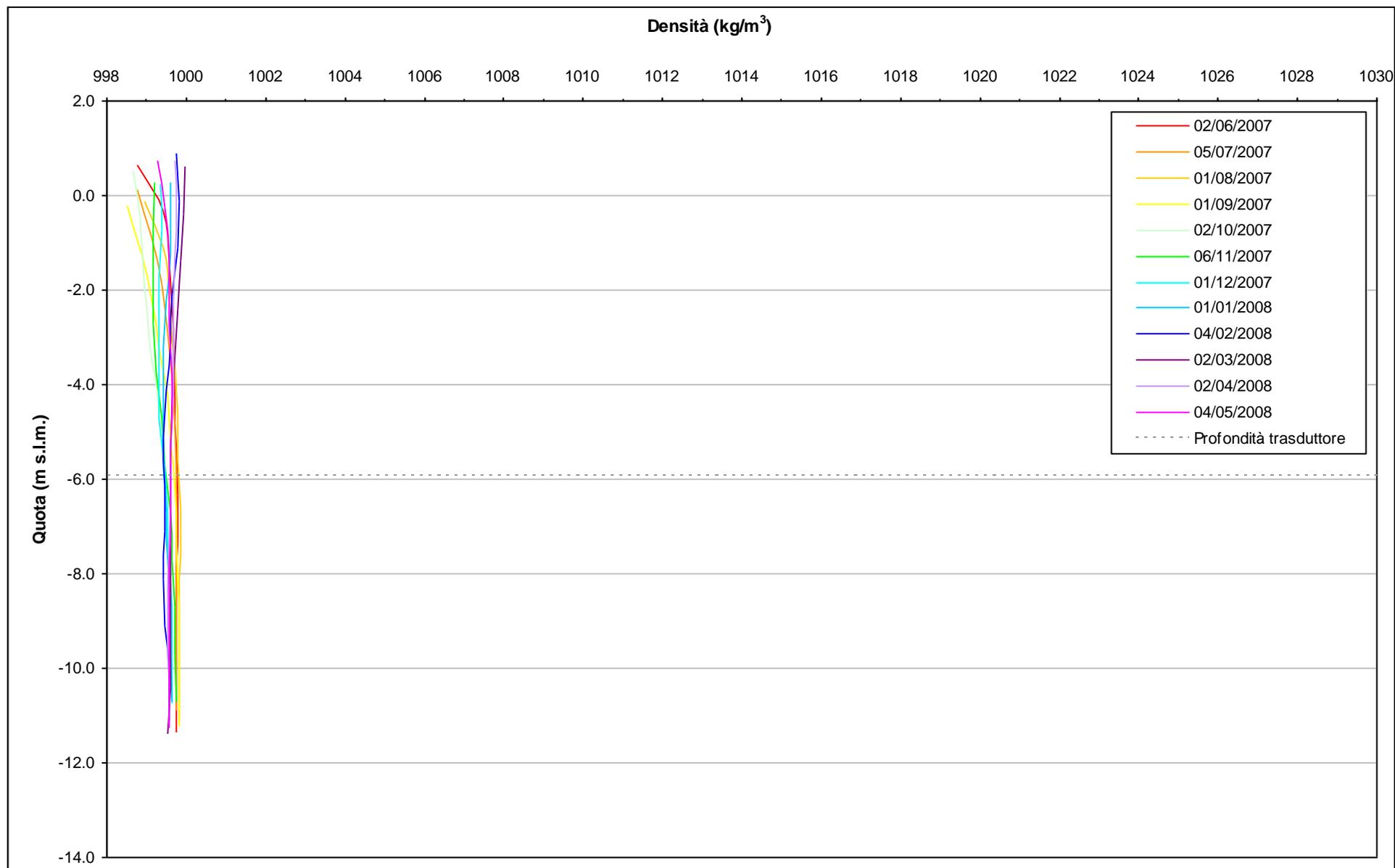


Fig. 4.6 - Profili verticali di densità PS06

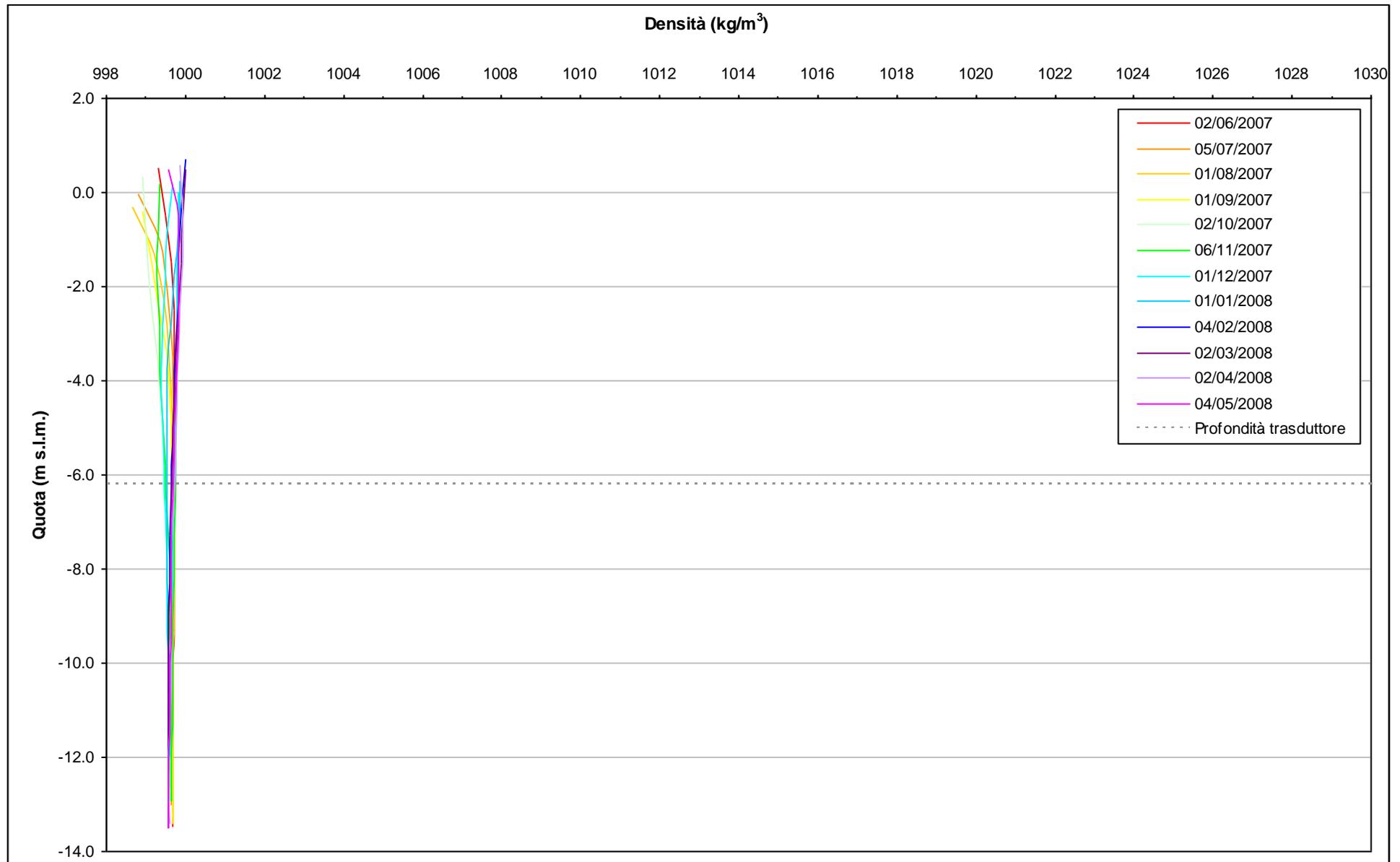


Fig. 4.7 - Profili verticali di densità PS07

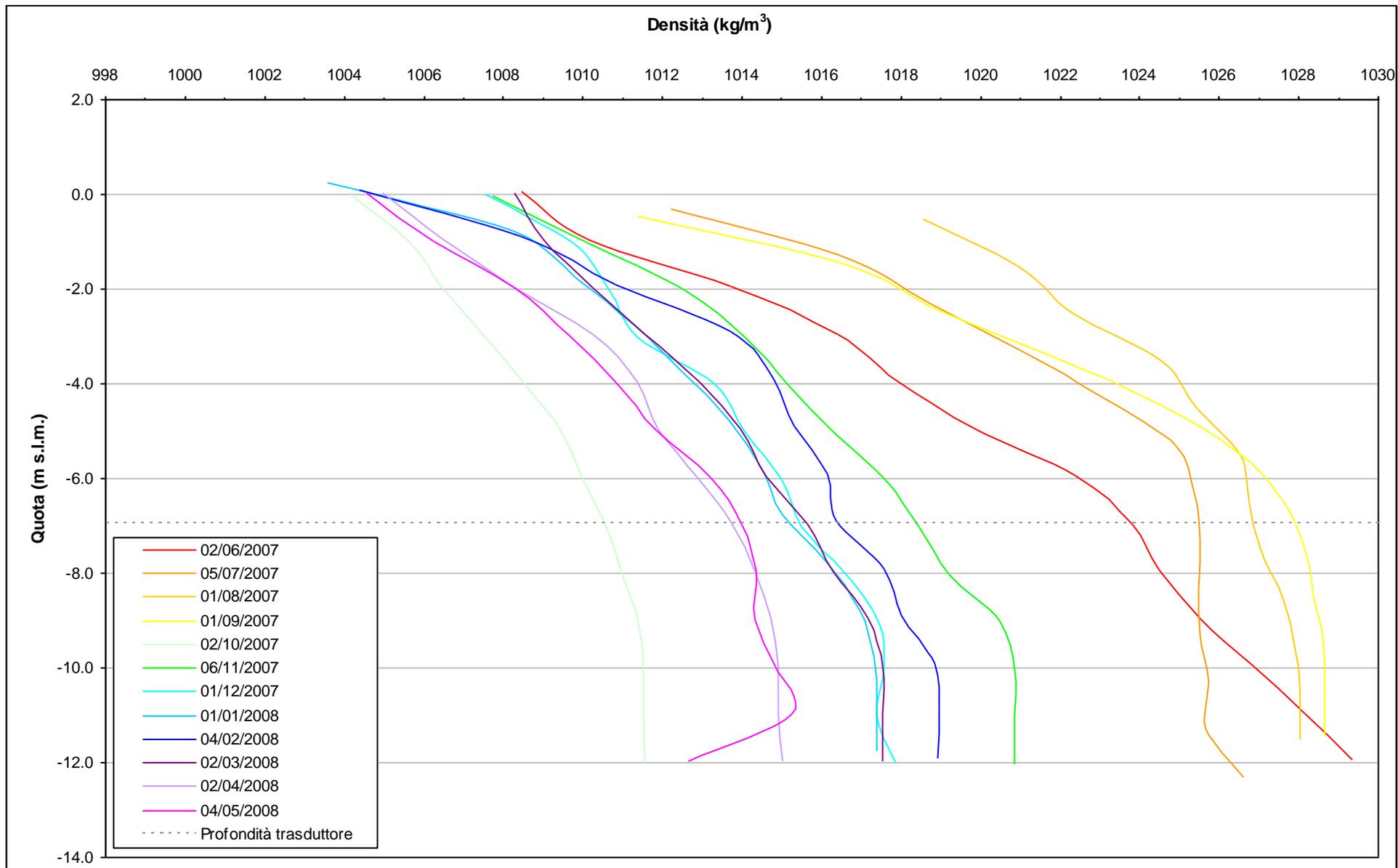


Fig. 4.8 - Profili verticali di densità PS08

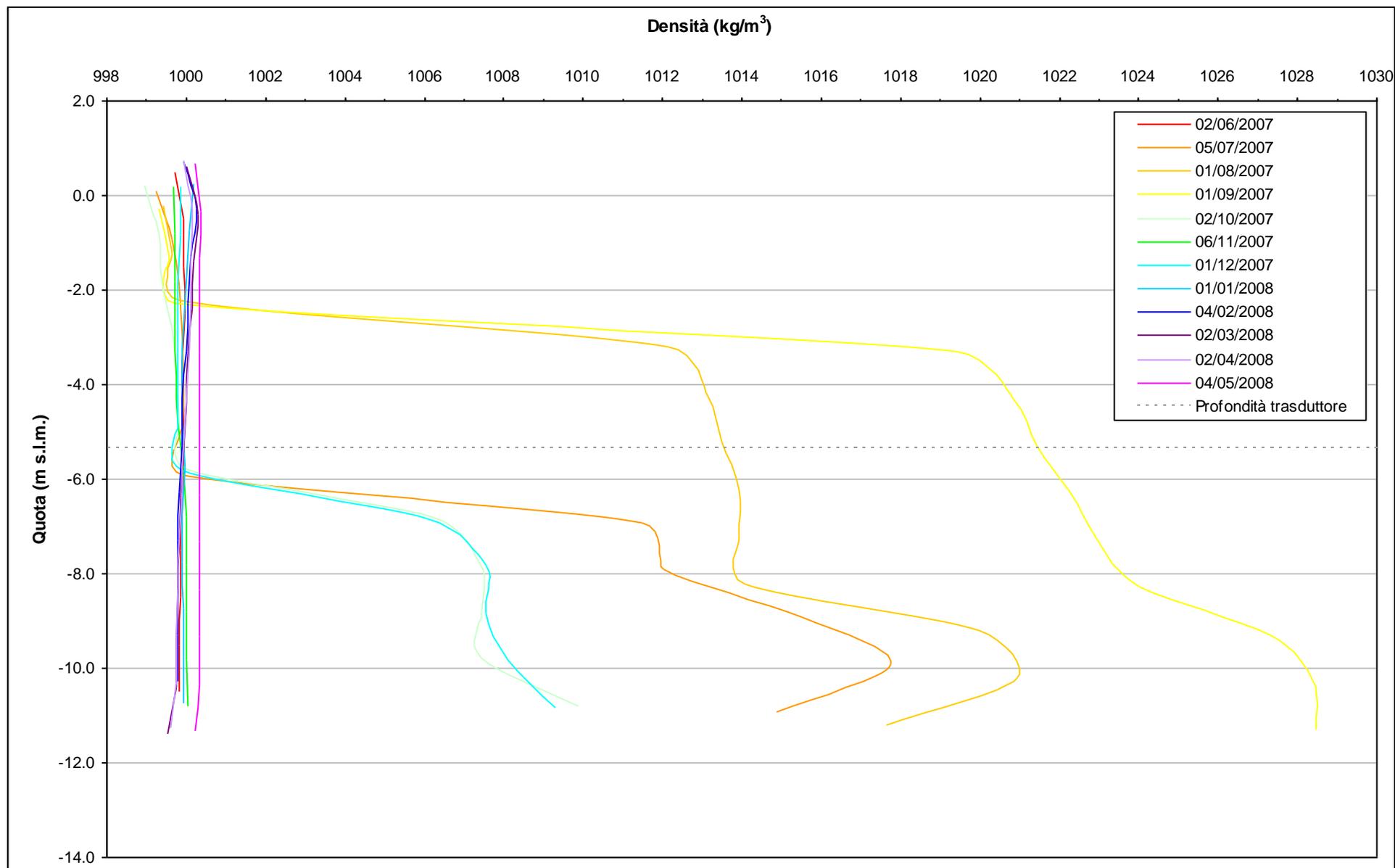


Fig. 4.9 - Profili verticali di densità PS09

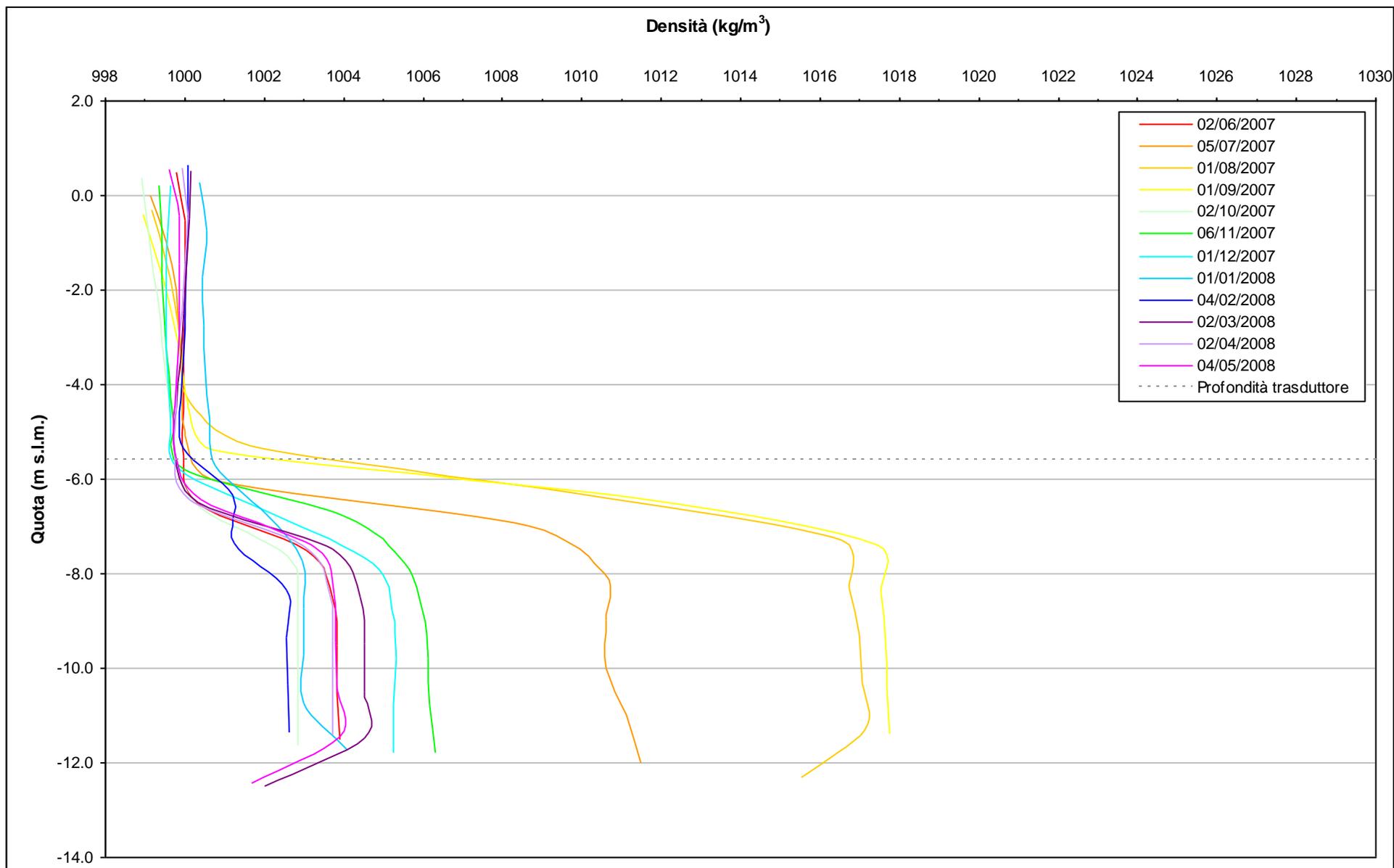


Fig. 4.10 - Profili verticali di densità PS10

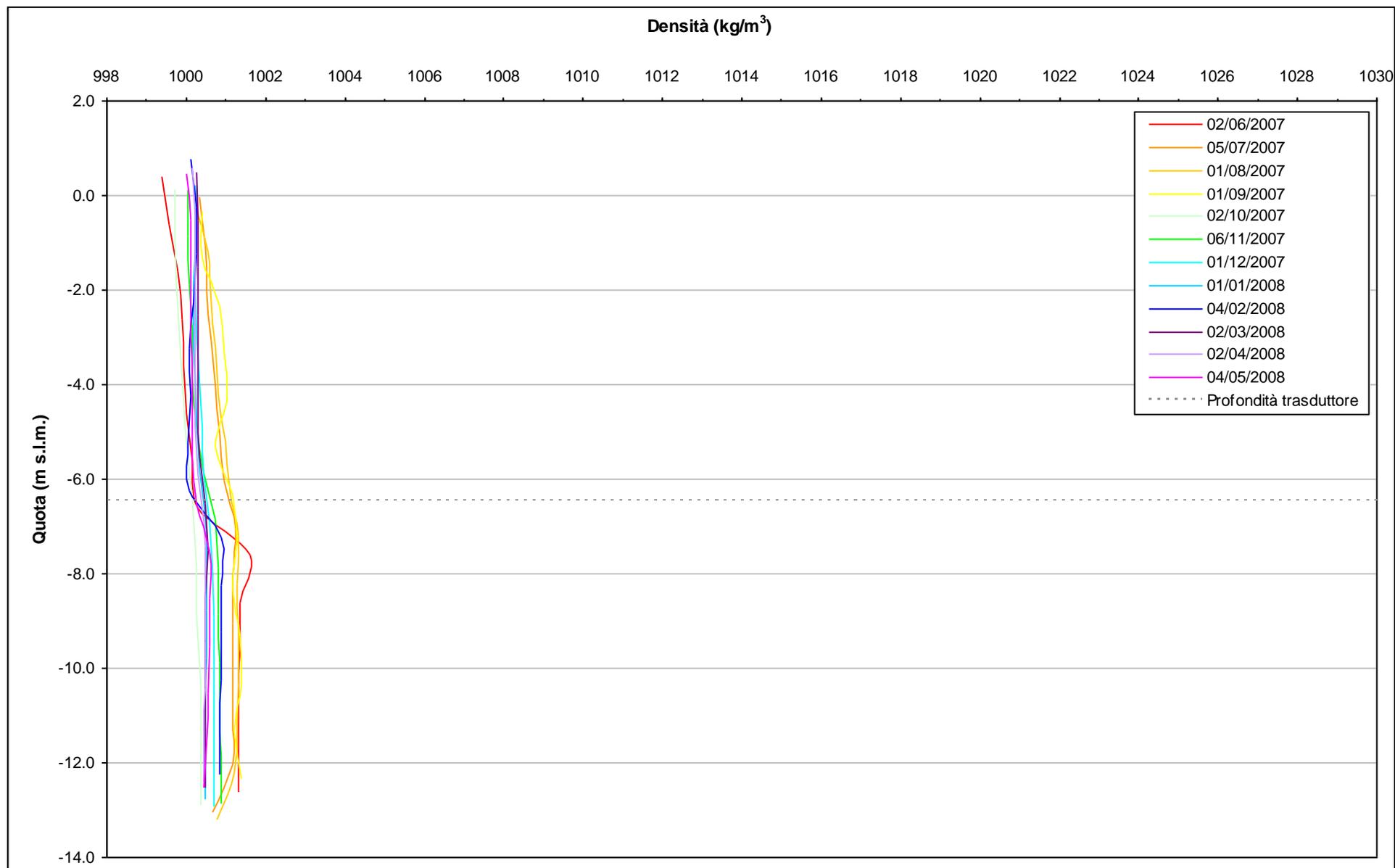


Fig. 4.11 - Profili verticali di densità PS11

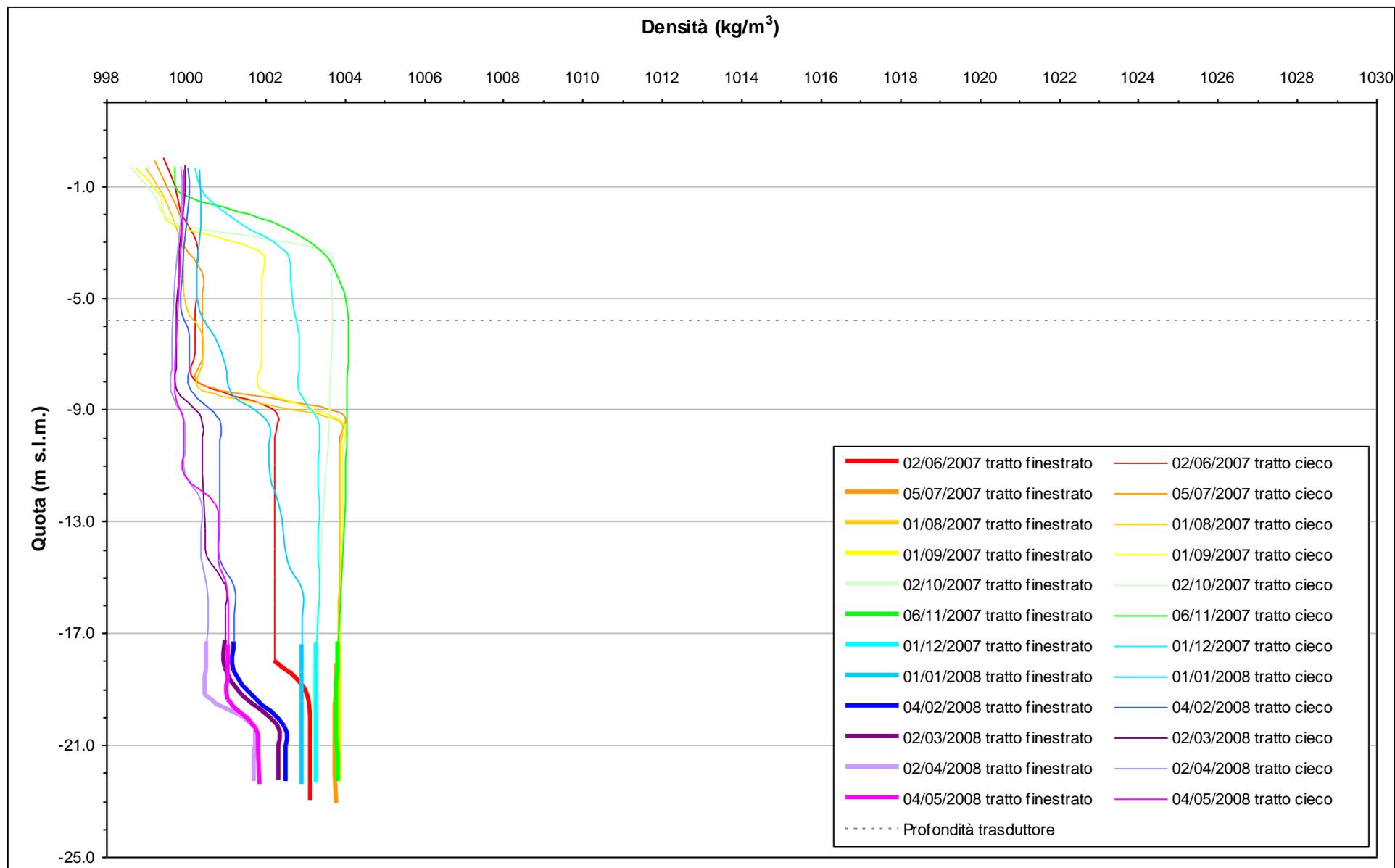


Fig. 4.12 - Profili verticali di densità PP01

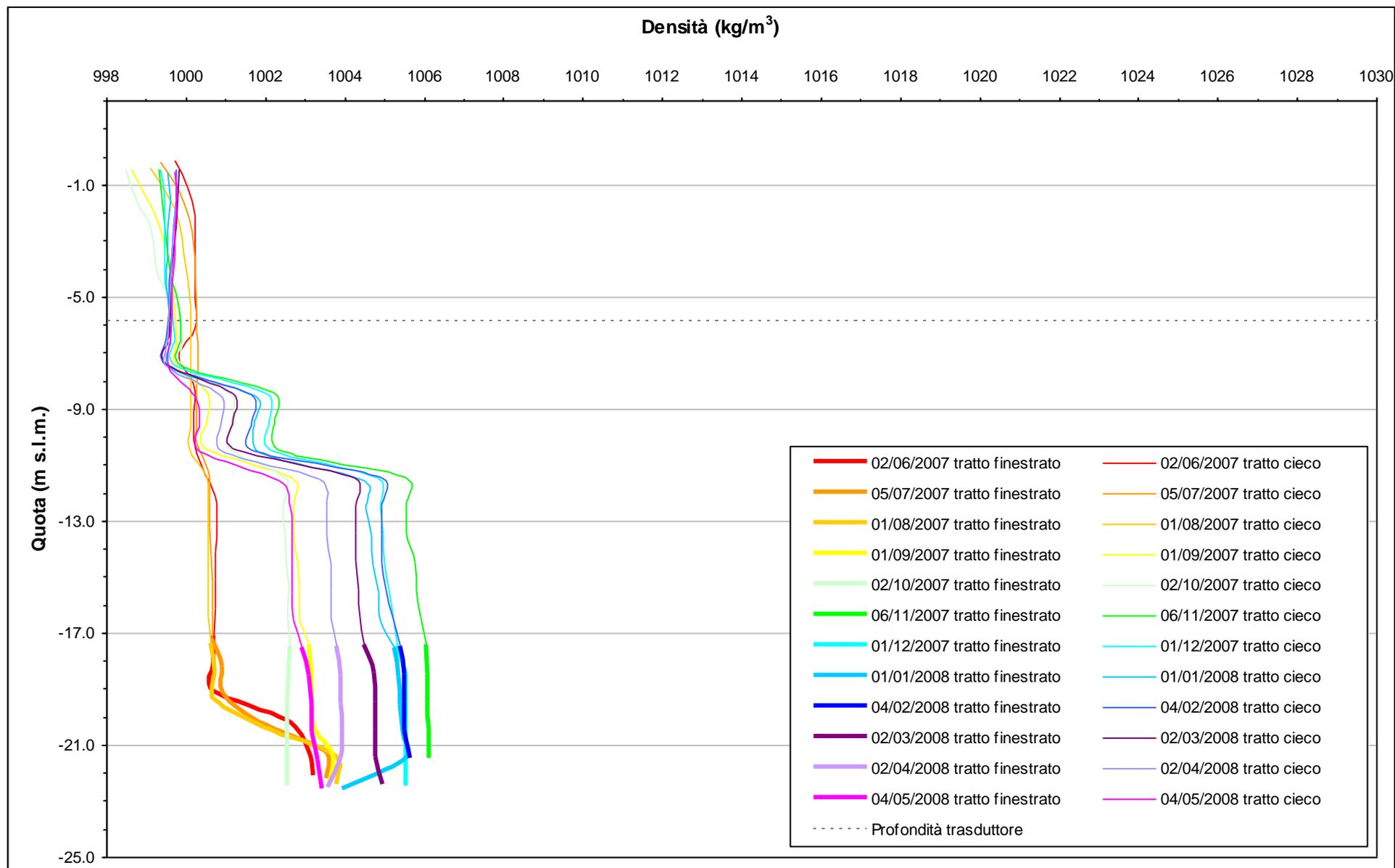


Fig. 4.13 - Profili verticali di densità PP02

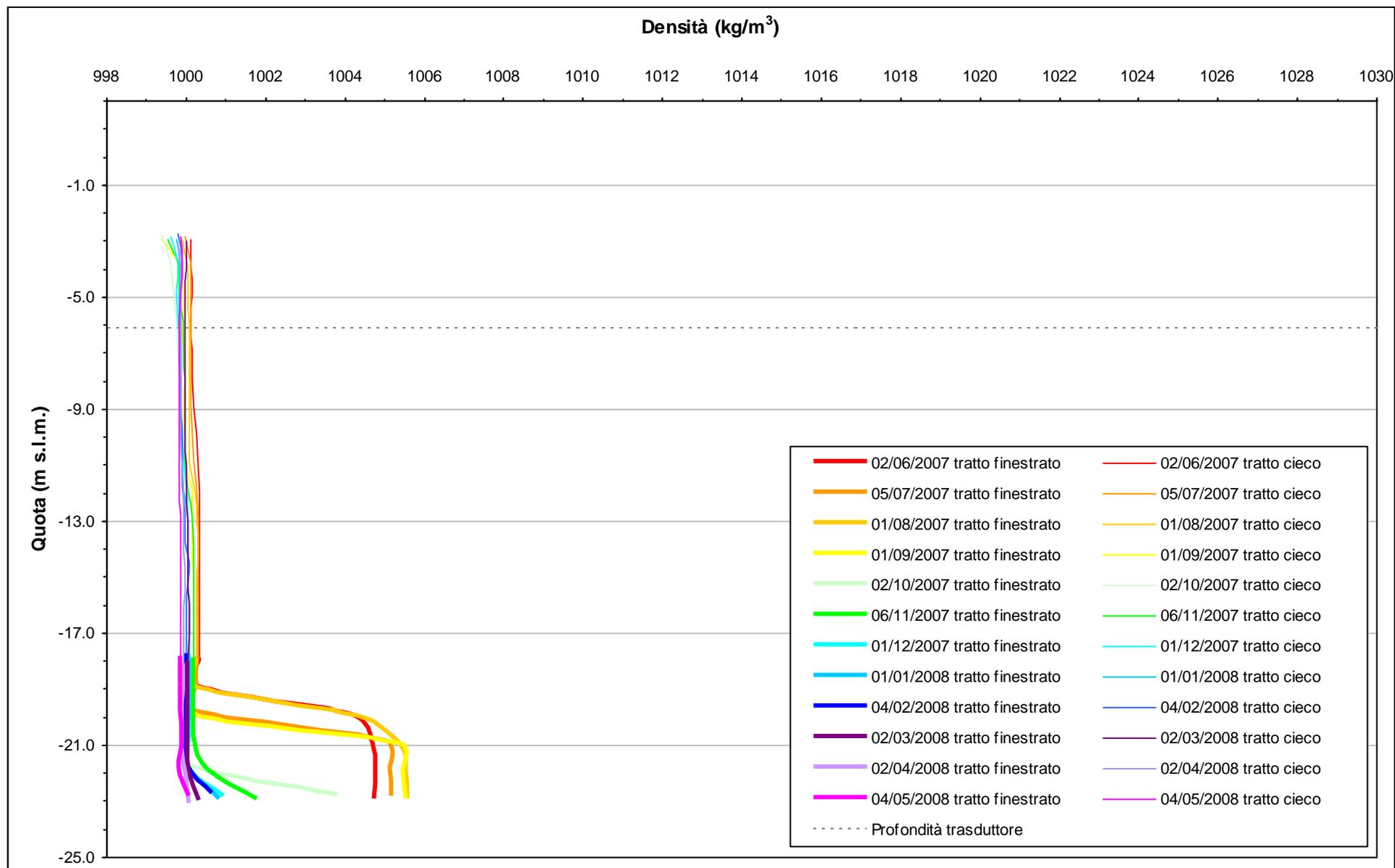


Fig. 4.14 - Profili verticali di densità PP03

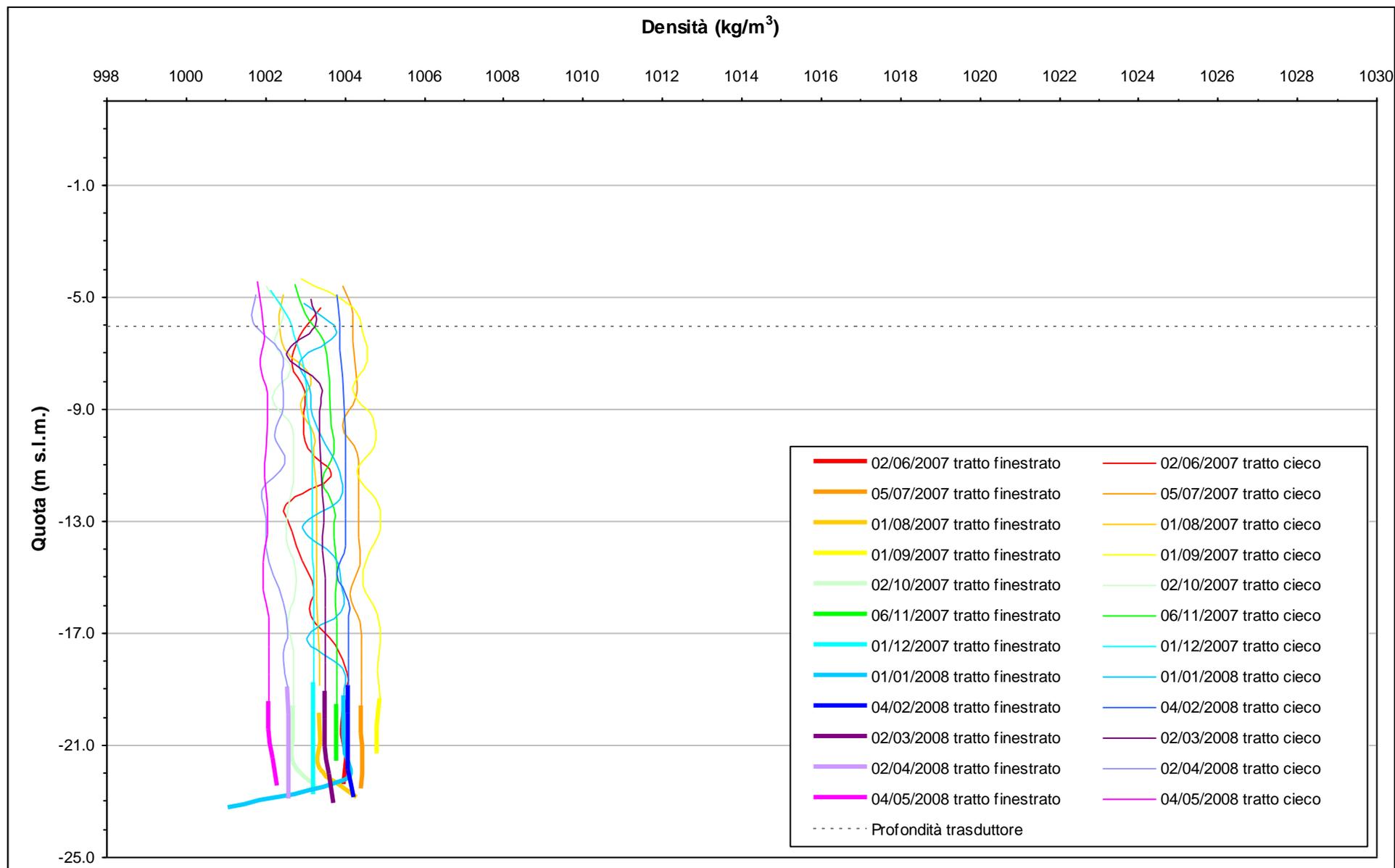


Fig. 4.15 - Profili verticali di densità PP04

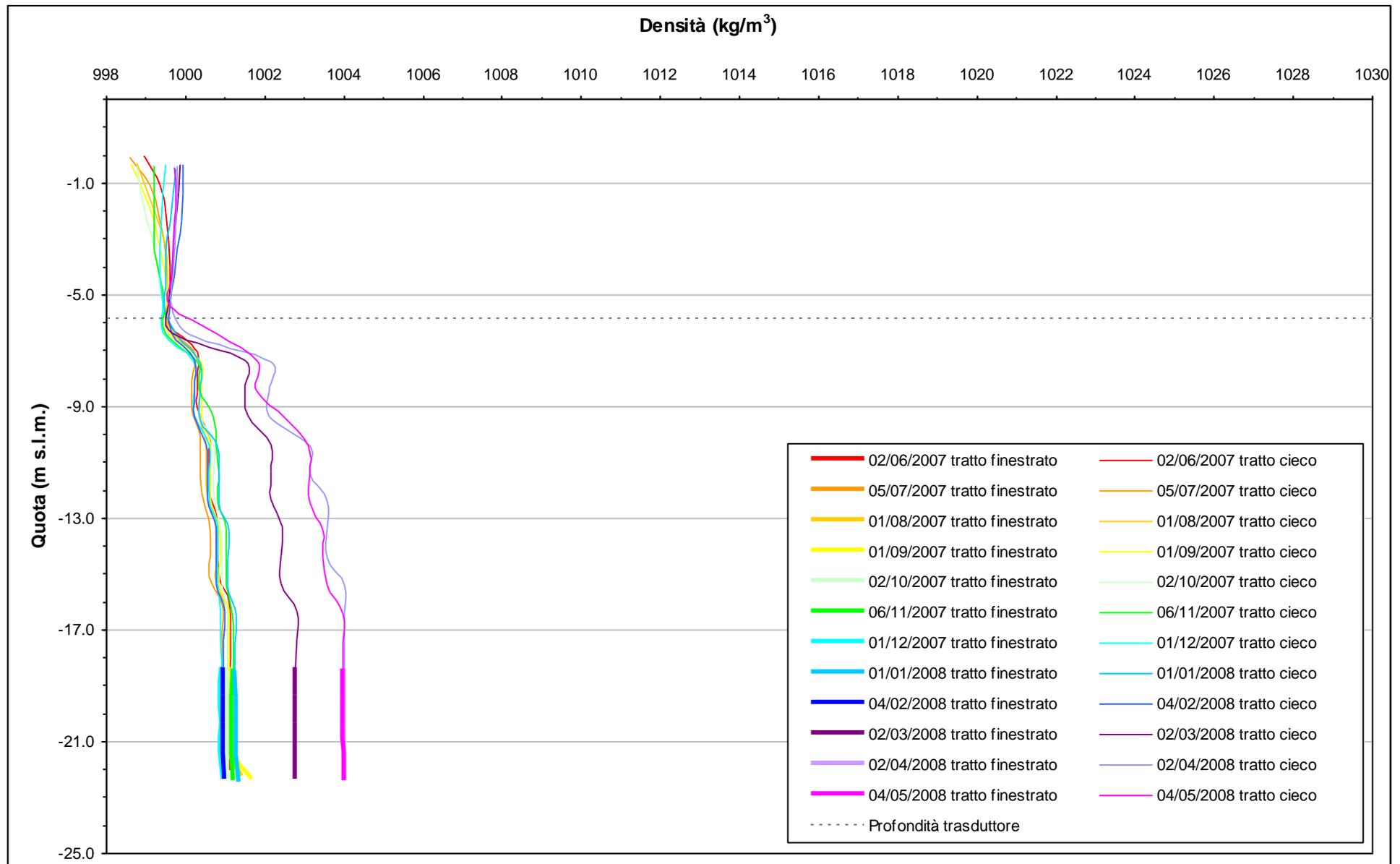


Fig. 4.16 - Profili verticali di densità PP05

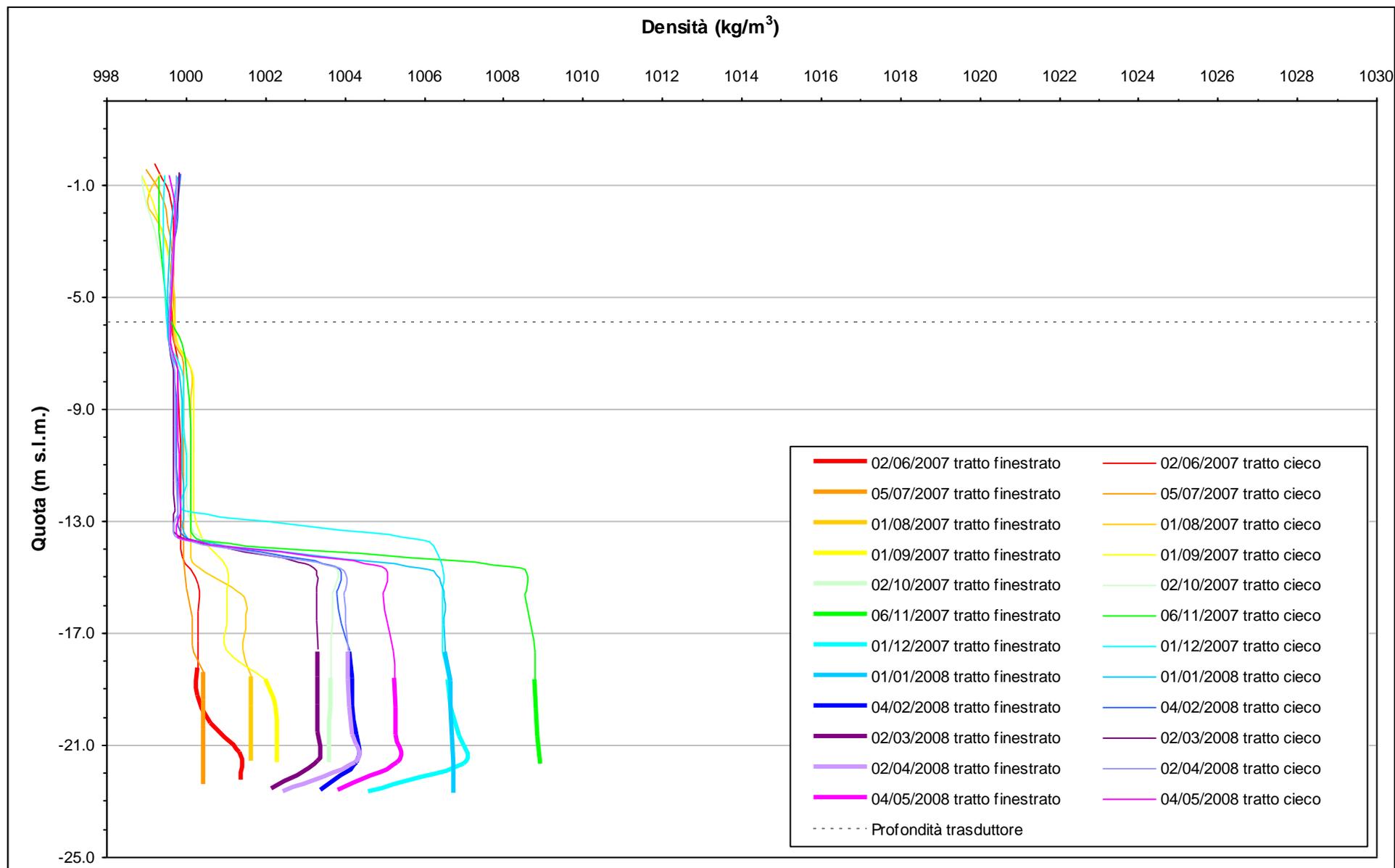


Fig. 4.17 - Profili verticali di densità PP06

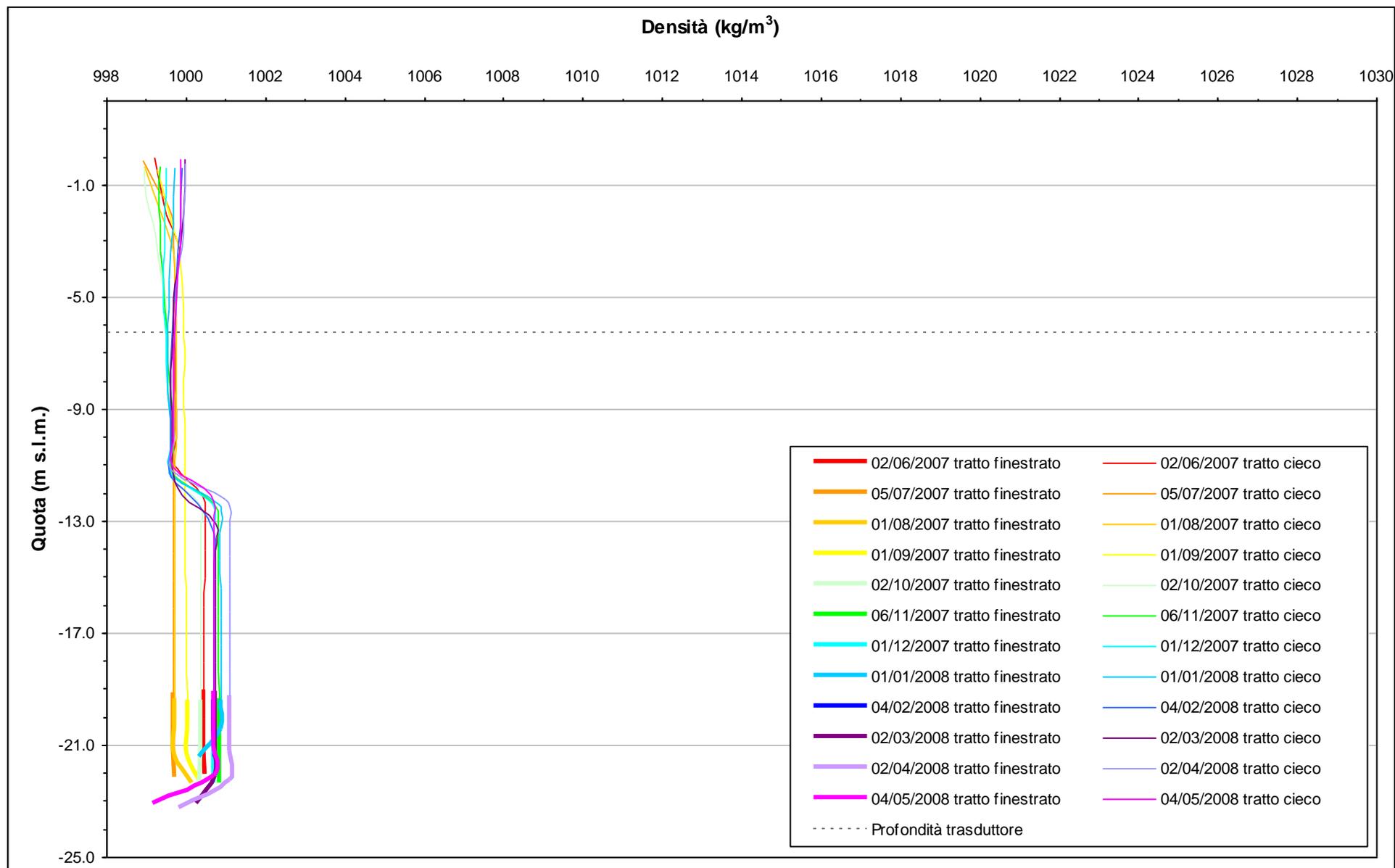


Fig. 4.18 - Profili verticali di densità PP07

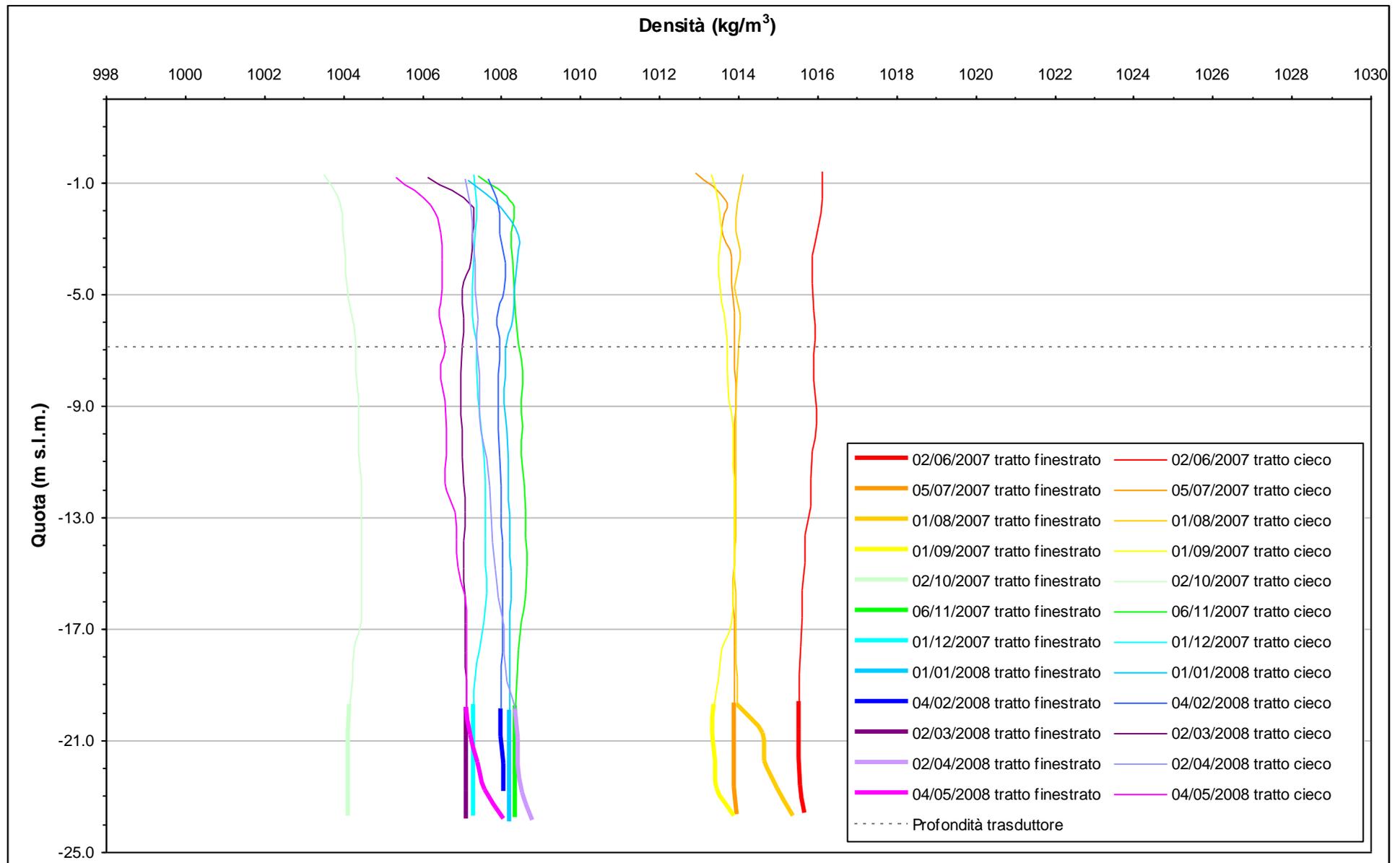


Fig. 4.19 - Profili verticali di densità PP08

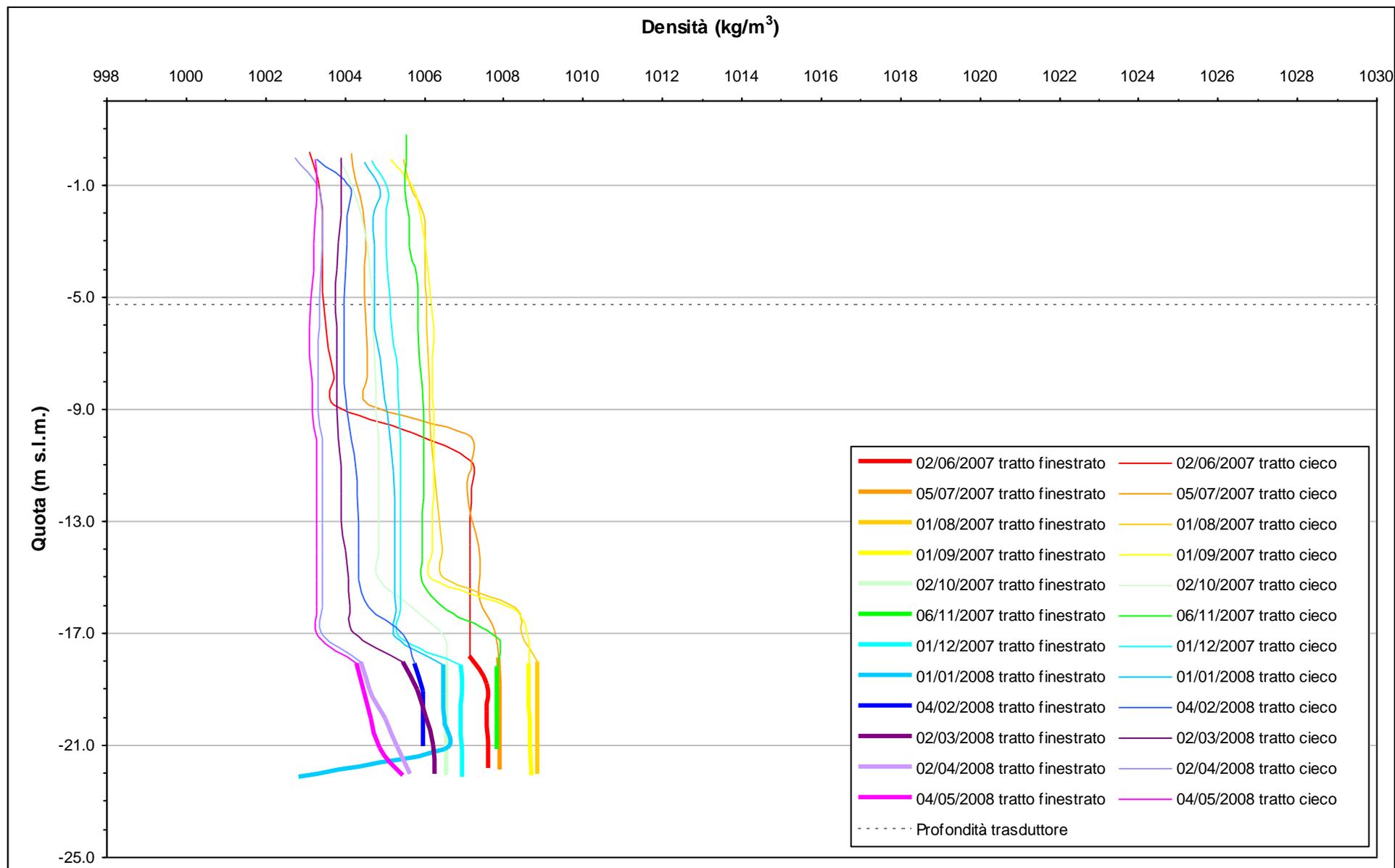


Fig. 4.20 - Profili verticali di densità PP09

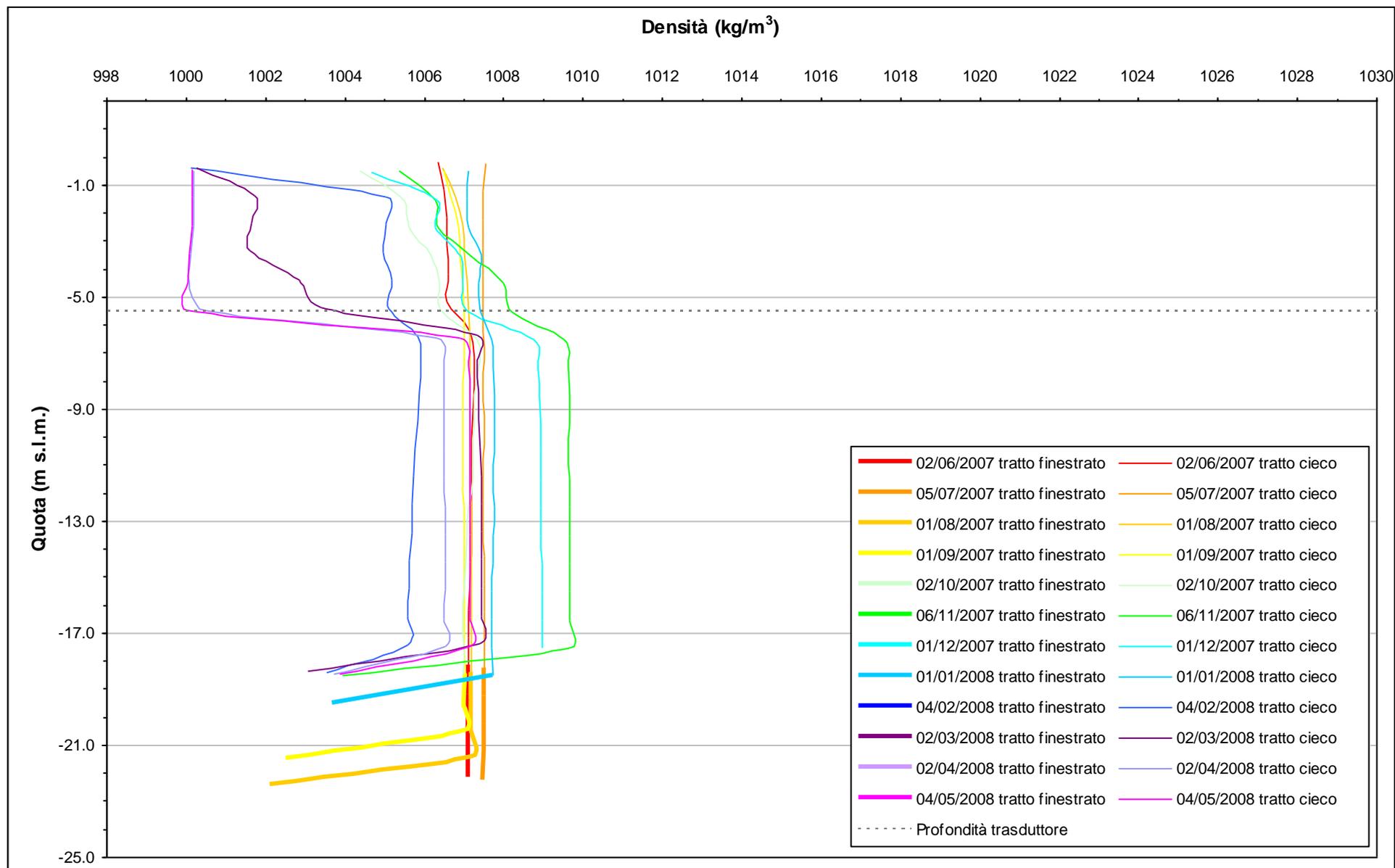


Fig. 4.21 - Profili verticali di densità PP10

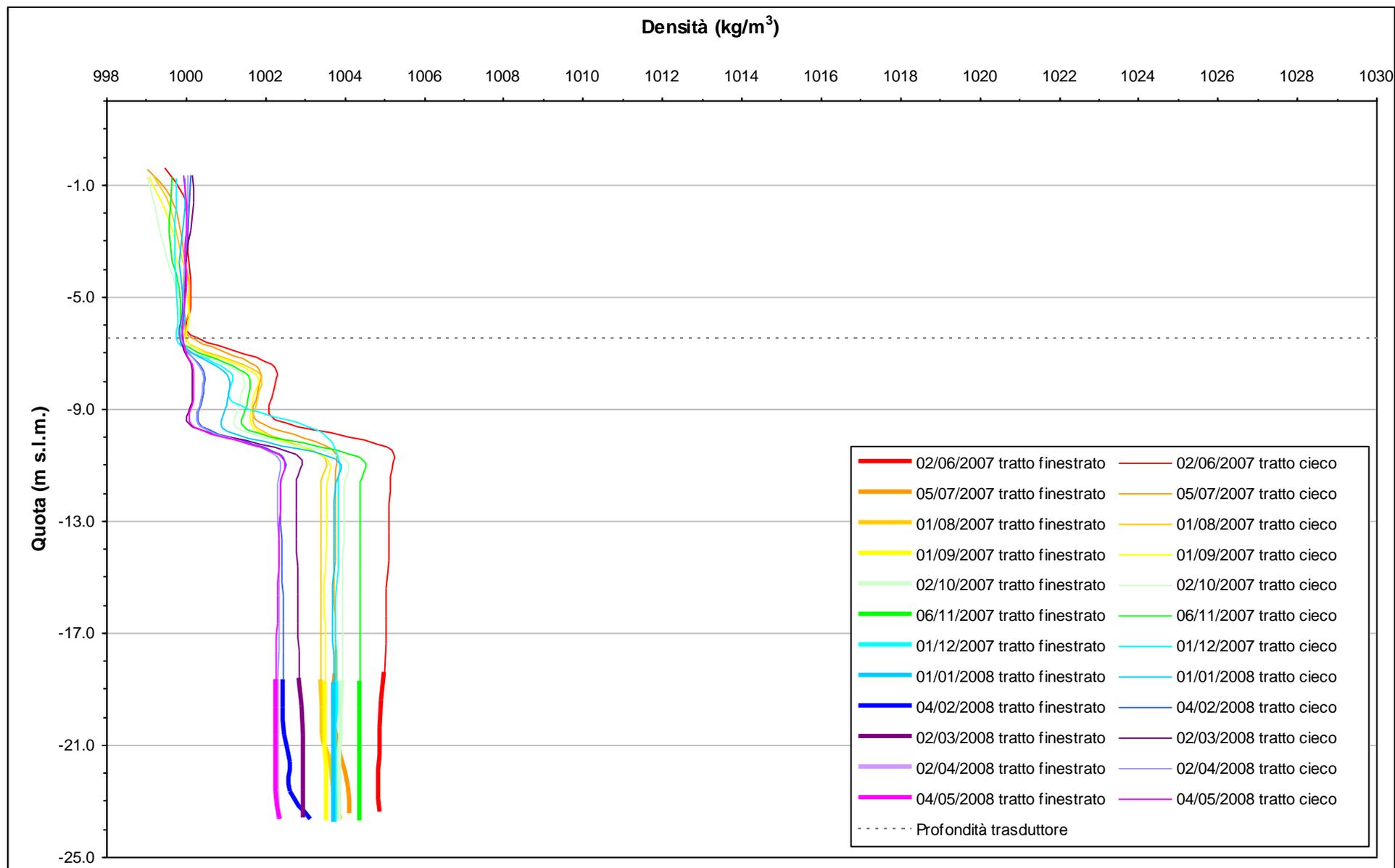


Fig. 4.22 - Profili verticali di densità PP11

## 5. CONCLUSIONI

I livelli registrati nell'acquifero superficiale nel periodo 01 maggio 2007 - 30 aprile 2008 mostrano uno stretto legame con le forzanti naturali agenti su di esso. L'influenza delle precipitazioni è particolarmente visibile nei piezometri interni all'area nonché nei piezometri PS03 e PS04, isolati dalla costa dal diaframma impermeabile.

In tutti i piezometri superficiali, ad eccezione del PS01 e PS02 (nei quali i livelli di falda sono strettamente legati al livello mareale), si è registrato un abbassamento dei livelli di falda di circa 1 m nel periodo maggio - settembre 2007, seguito da una risalita dei livelli di circa 1,5 m nel periodo ottobre 2007 - aprile 2008.

Confrontando i livelli con quelli relativi alla Fase A (ottobre - novembre 2005), se si escludono i due piezometri costieri PS03 e PS04, non si rilevano differenze significative per quanto riguarda i livelli e i comportamenti dinamici dei piezometri superficiali.

Durante il periodo di monitoraggio i livelli dei piezometri profondi sono rimasti sostanzialmente stabili rispetto all'anno precedente, ad eccezione del PP04 per il quale si è verificata una risalita di circa 1 m.

Rispetto ai dati registrati durante la Fase A, situazione *ante operam* (ottobre - novembre 2005), i livelli dei piezometri profondi risultano essere generalmente diminuiti.

Gli abbassamenti maggiori si rilevano nei piezometri PP03 (circa 3 m rispetto alla situazione *ante operam*) e PP04 (circa 4 m); sono stati rilevati consistenti abbassamenti anche nei piezometri PP06, PP08 e PP11 (circa 1 m rispetto alla situazione *ante operam*). Tali abbassamenti sono attribuibili alle attività di cantiere (emungimento dei pozzi di dewatering della tura).

**PARTE SECONDA:  
MONITORAGGIO CANTIERE DI CA' ROMAN**

## 6. INTRODUZIONE

La seconda parte di questo documento contiene una descrizione riassuntiva dei dati raccolti a Ca' Roman durante il periodo di monitoraggio di fase B 1 maggio 2007 - 30 aprile 2008.

Sono riportati i tracciati relativi ai livelli piezometrici in corrispondenza della postazione doppia di monitoraggio nell'intero periodo di osservazione. 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. 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 proposti i profili verticali di densità calcolati, per ciascun piezometro, a partire dai dati grezzi di conduttanza.

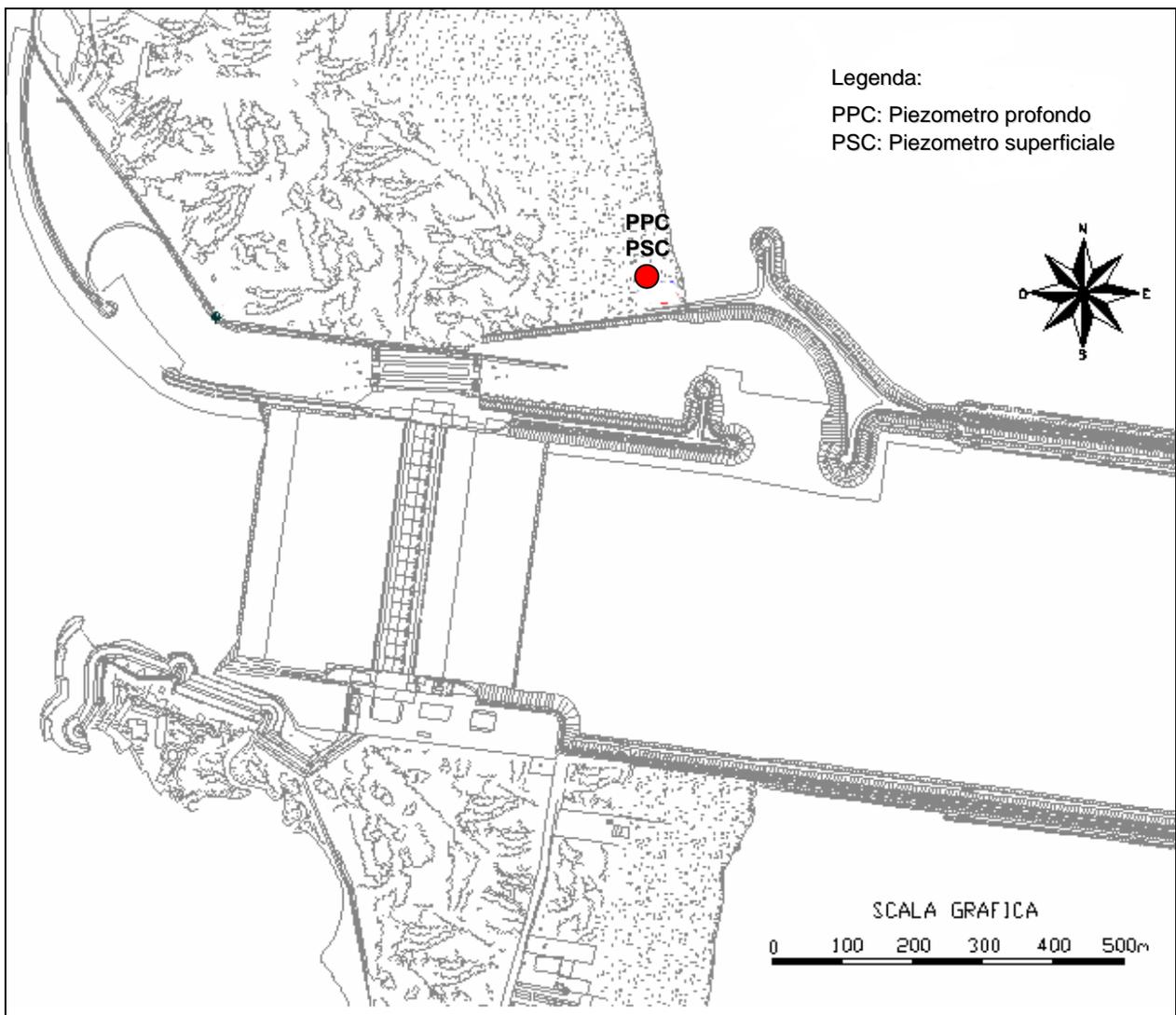


Fig. 6.1- Ubicazione dei piezometri

## 7. ANALISI DEI DATI

### 7.1 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 “Ceppe” situata alla bocca Nord di Malamocco;
- oscillazioni mareali registrate dal mareografo Diga Sud Chioggia (stazione di monitoraggio meteo-marino dell’Istituzione Centro Previsioni e Segnalazioni Maree, comune di Venezia);
- pressione atmosferica registrata dal barologger BC01, installato in corrispondenza piezometro superficiale PSC01.

#### 7.1.1 Precipitazioni

I dati di precipitazione sono stati acquisiti dalla centralina “Ceppe”. Nelle Figg.7.1-7.2 è riportato l’andamento delle precipitazioni registrate nel periodo di riferimento.

Tab.7. 2 - Eventi piovosi significativi verificatesi nel periodo di monitoraggio

DATA	DURATA [h]	ENTITÀ [mm]
02/05/07	2	17,1
04/05/07	11	22,4
27/06/07	3	9,7
11/07/07	5	5
03/08/07	9	5,2
10-11/08/07	16	11,6
21-22/08/07	9	9,2
23/08/07	7	5,2
30/08/07	2	7,6
04/09/07	9	23
17/09/07	1	18,6
18/09/07	7	12
26-27/09/07	44	80,6
24/10/07	8	5
26/10/07	14	8
30/10/07	20	6,8
22-23/11/07	14	5,6
24/11/07	14	5,2
07-08/12/07	12	14,5
05-06/01/08	28	6,9
12/01/08	3	6,1

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

DATA	DURATA [h]	ENTITÀ [mm]
16-17/01/08	36	23,6
02-04/02/08	59	20,9
04/03/08	6	10,5
07-08/03/08	33	10,5
09-10/04/08	9	8,6
12/04/08	15	7,4
15/04/08	10	16,4
18/04/08	7	9
21-22/04/08	32	10,8

### 7.1.2 Livello del mare

Nelle Fig.7.3-7.4 è tracciato l'andamento del livello del mare registrato dal mareografo Diga Sud Chioggia durante il mese di monitoraggio. 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.

### 7.1.3 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.7.5-7.6 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.



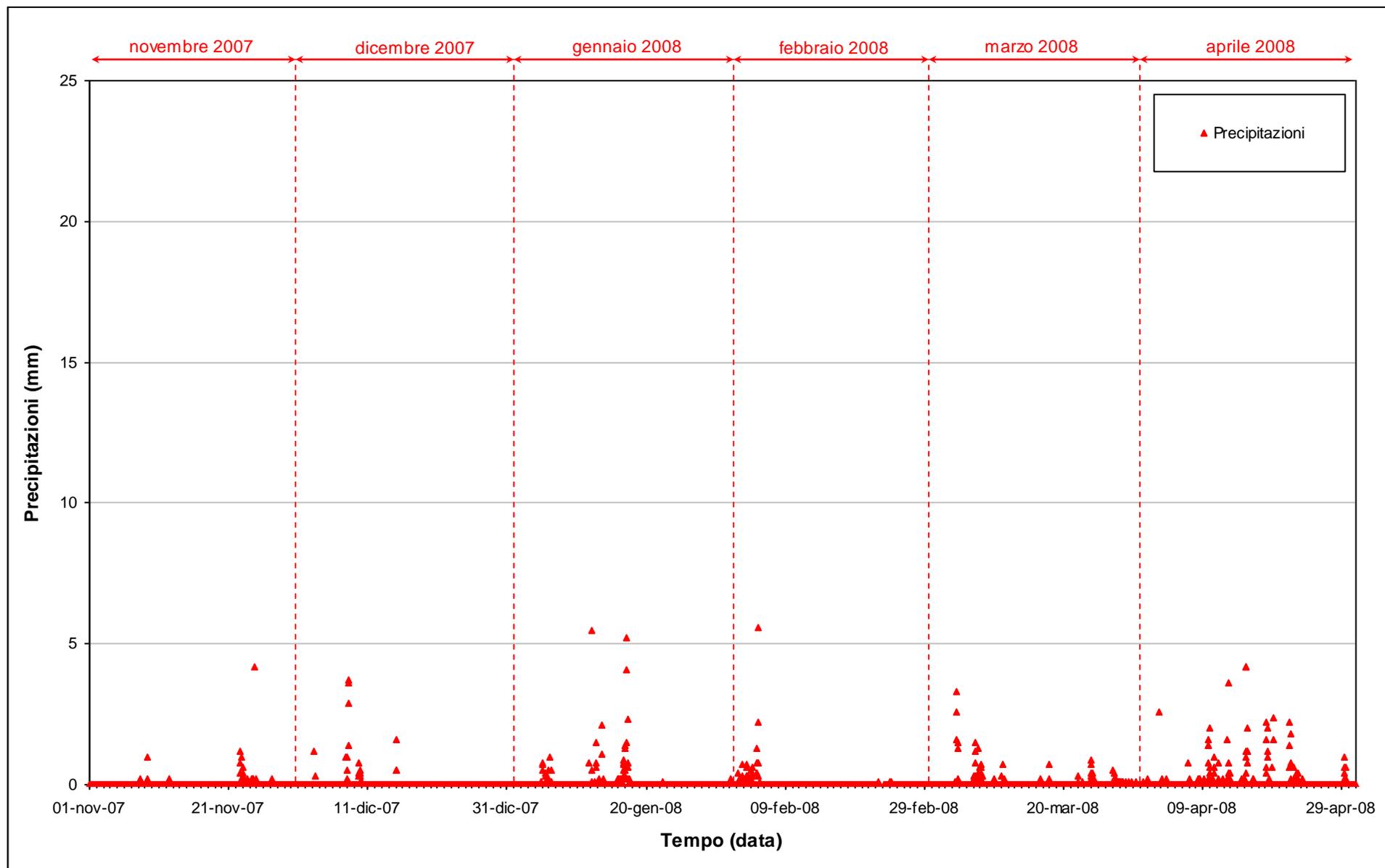


Fig. 7.2 - Precipitazioni registrate nel periodo di monitoraggio 01/11/2007 - 30/04/2008

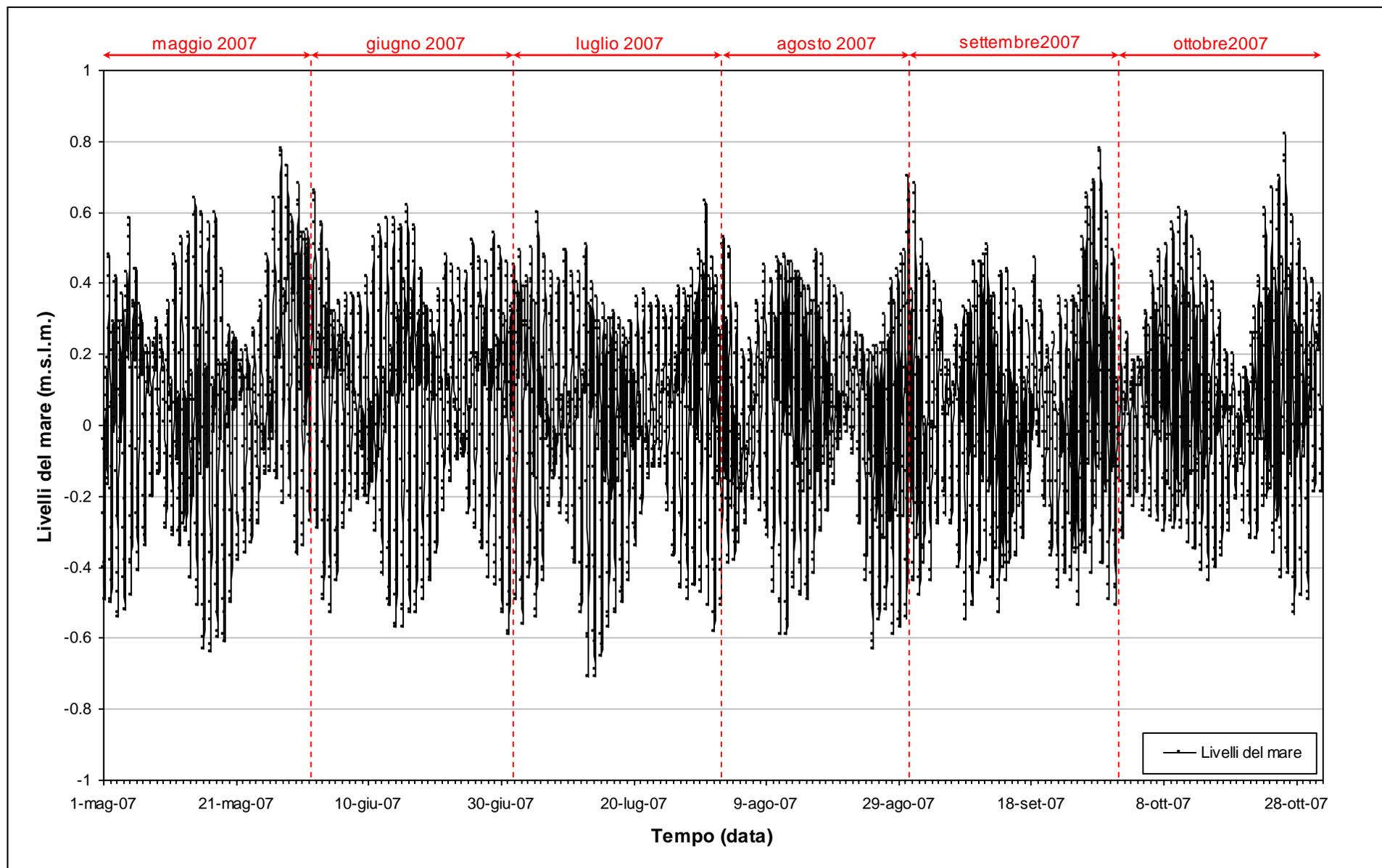


Fig. 7.3 - Livello del mare misurato in corrispondenza del mareografo Diga Sud Chioggia nel periodo di monitoraggio 01/05/2007 - 31/10/2007

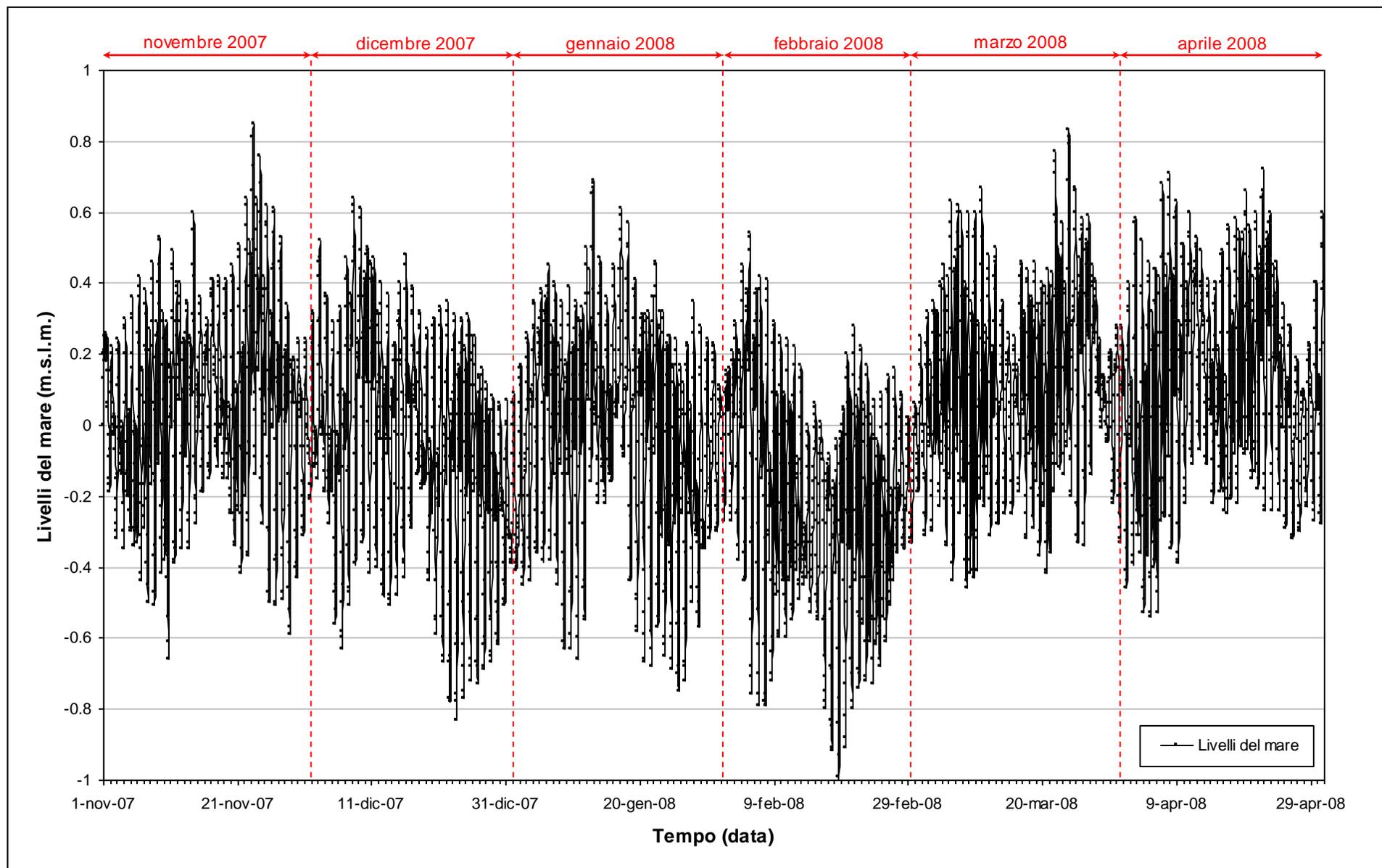
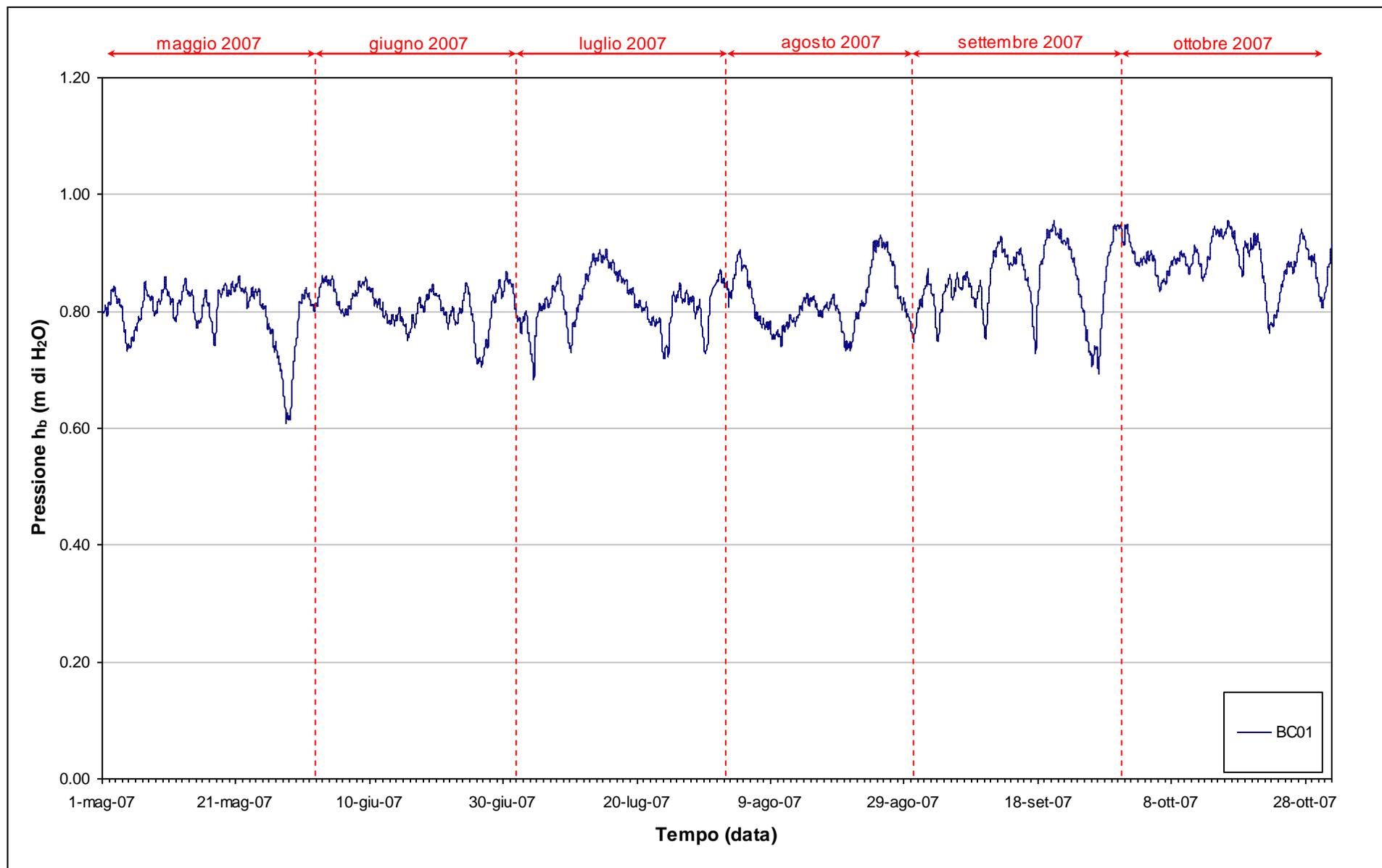
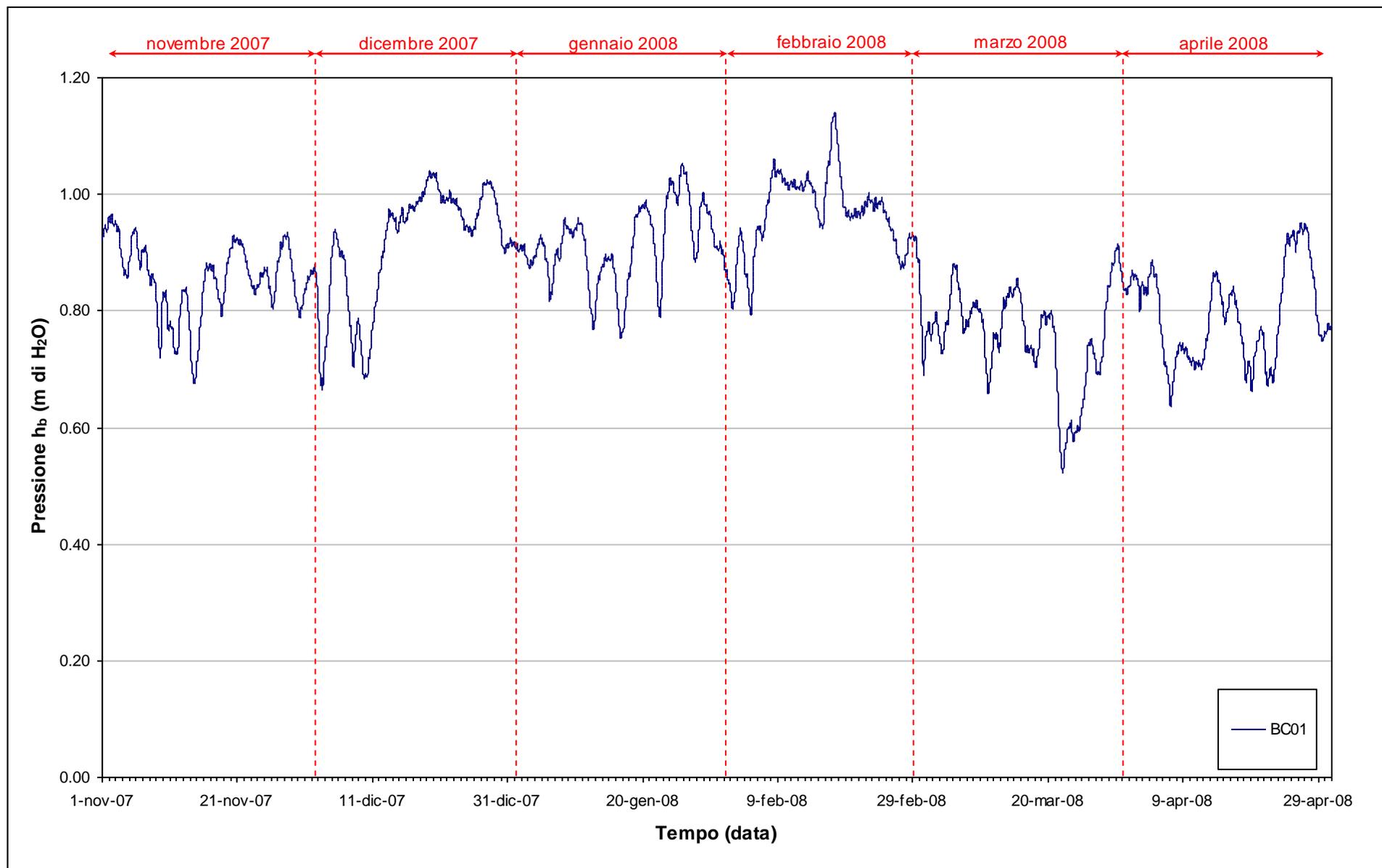


Fig. 7.4 - Livello del mare misurato in corrispondenza del mareografo Diga Sud Chioggia nel periodo di monitoraggio 01/11/2007 - 30/04/2008

Fig. 7.5 - Tracciato di misura del Barologger BC01 ( $h_b$ ) nel periodo di monitoraggio 01/05/2007 - 31/10/2007

Fig. 7.6 – Tracciato di misura del Barologger BC01 ( $h_b$ ) nel periodo di monitoraggio 01/11/2007 – 30/04/2008

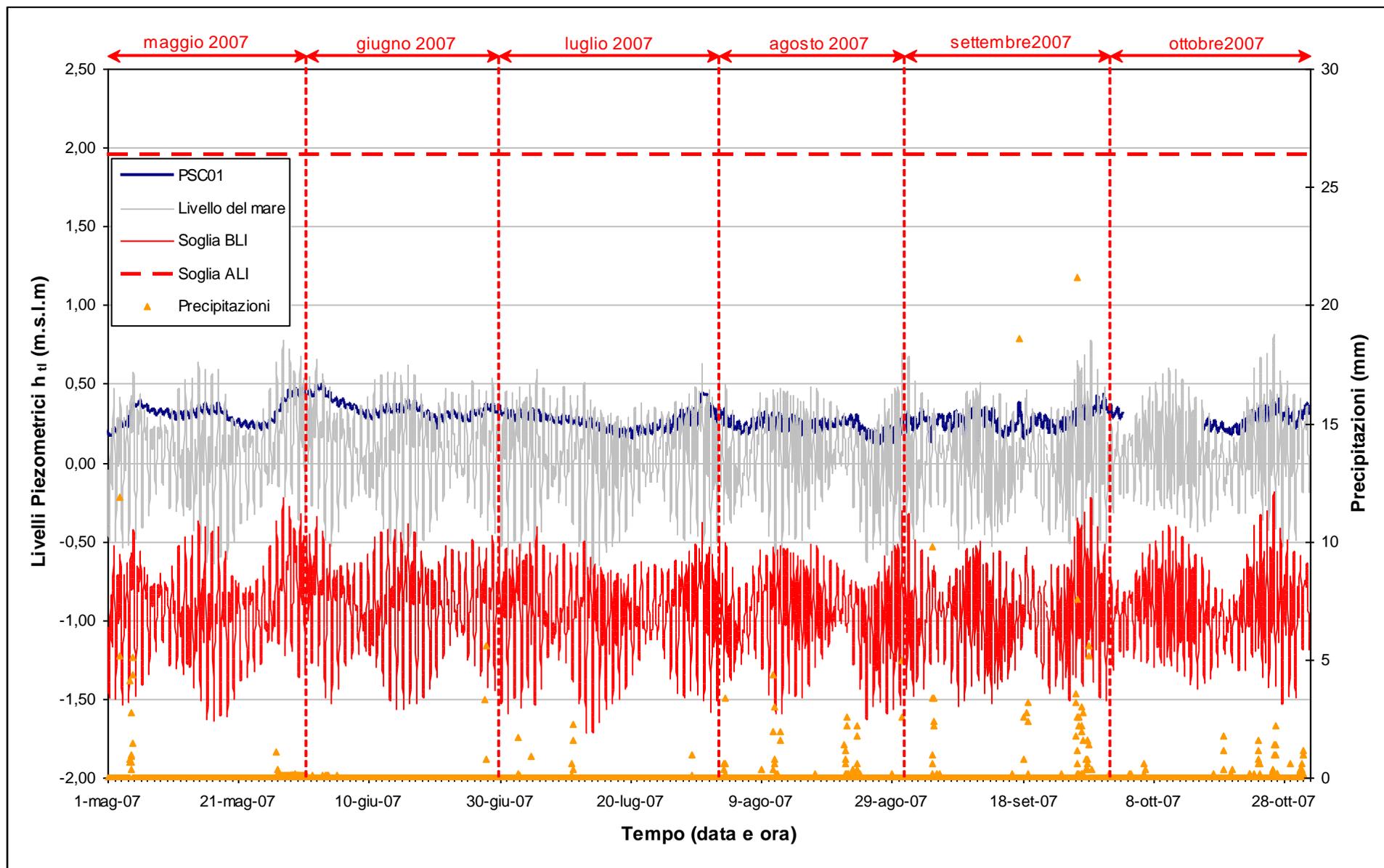
## **7.2 Piezometro superficiale - primo livello acquifero (Strato A)**

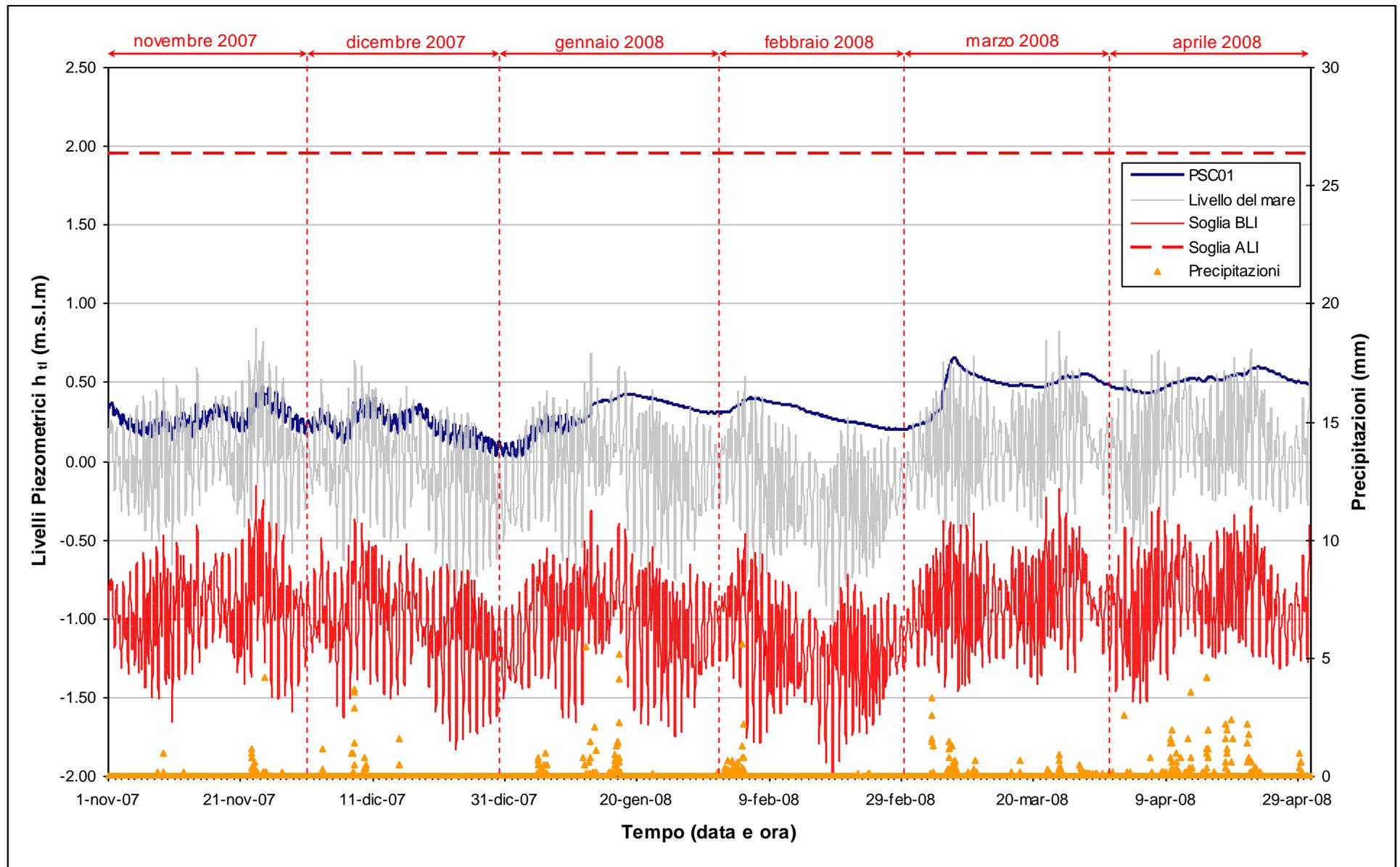
In questo capitolo vengono presentate ed analizzate le serie temporali dei livelli piezometrici assoluti relativi al piezometro superficiale PSC01, finestrato in corrispondenza del primo livello acquifero (Strato A, profondità = 0 - 15 m dal piano campagna).

Nelle Fig.7.7-7.8 sono rappresentati 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 un cambiamento nella dinamica. Nel periodo 08-11 gennaio le oscillazioni mareali si smorzano progressivamente fino a scomparire totalmente, evidenziando un progressivo isolamento del livello acquifero dal mare.

Tale fenomeno, attribuibile all'infissione dei palancolati nella porzione perimetrale della tura in prossimità dei piezometri, non ha tuttavia interessato il piezometro profondo PPC01.

Fig. 7.7 - Livelli piezometrici ( $h_t$ ) relativi al piezometro superficiale PSC01 nel periodo di monitoraggio 01/05/2007 - 31/10/2007

Fig. 7.8 - Livelli piezometrici ( $h_t$ ) relativi al piezometro superficiale PSC01 nel periodo di monitoraggio 01/11/2007 - 30/04/2008

### **7.3 Piezometro profondo - secondo livello acquifero (Strato C)**

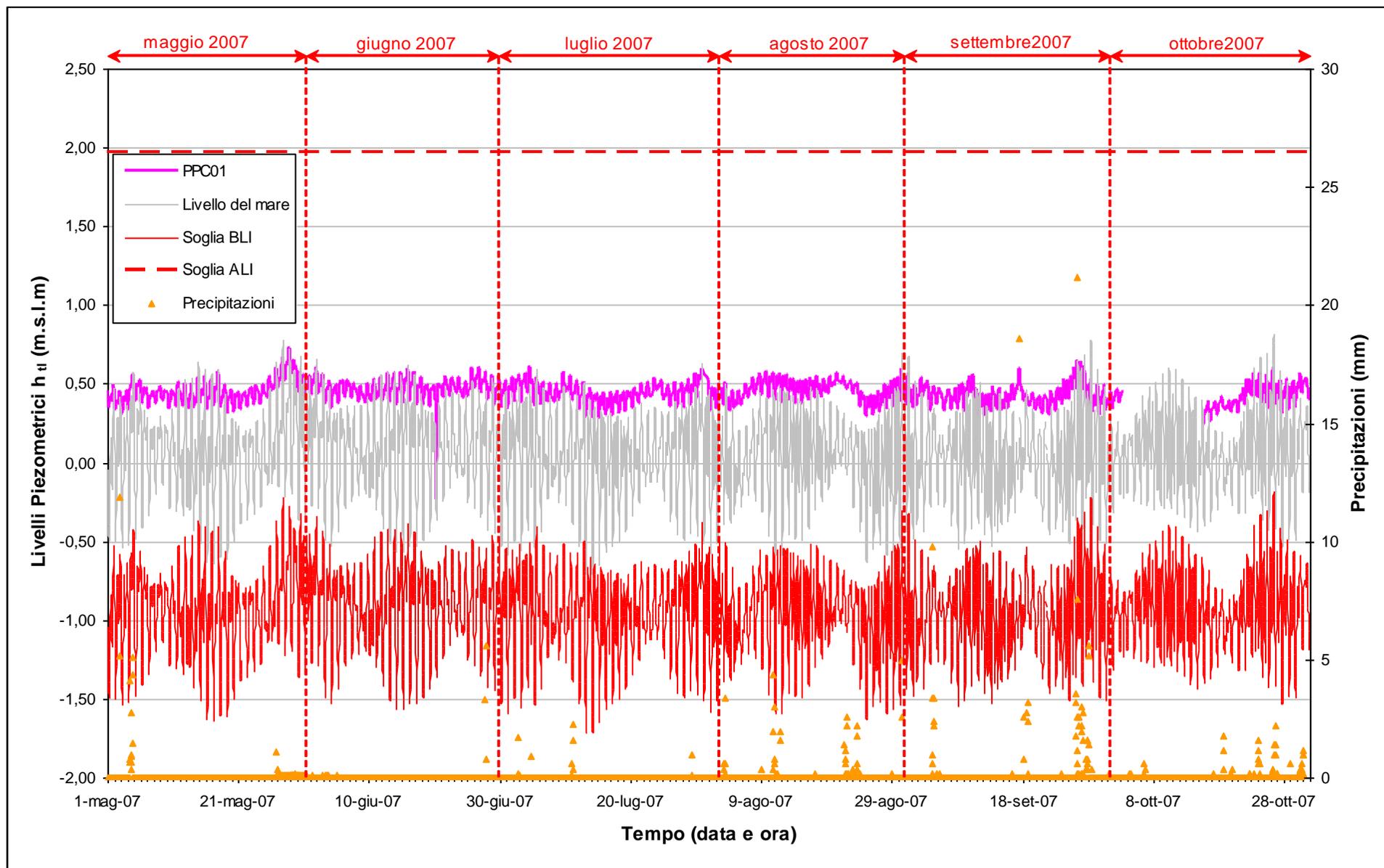
Di seguito verranno presentati ed analizzate le serie temporali dei livelli piezometrici assoluti nel piezometro profondo finestrato in corrispondenza del secondo livello acquifero (Strato C : profondità = 21,2 - 37,2 m dal piano campagna).

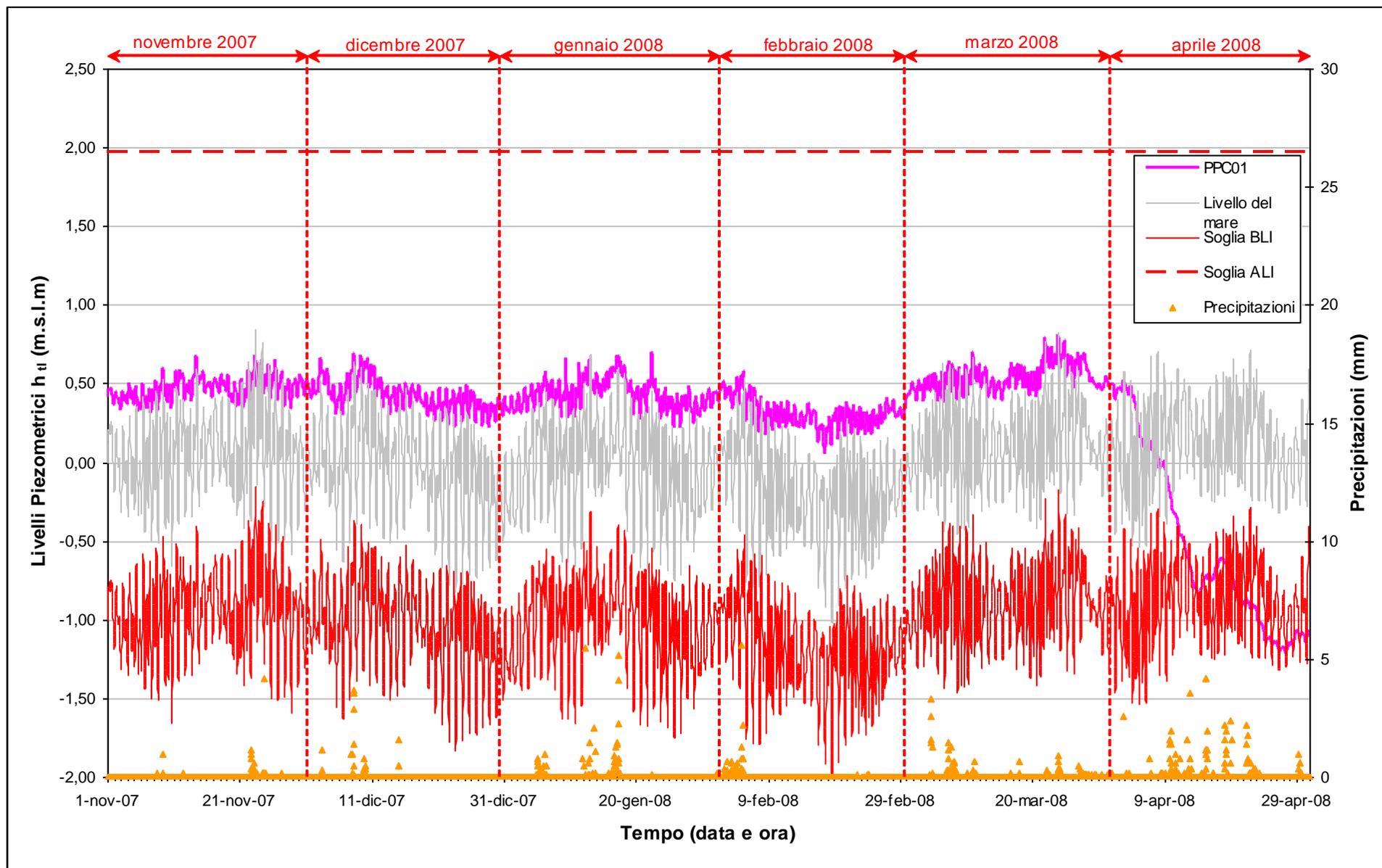
Nelle Fig.7.9-7.10 sono rappresentati i livelli assoluti del piezometro PPC01, associati alle relative soglie di Alto e Basso Livello Istantaneo ed alle forzanti naturali (precipitazioni e oscillazioni mareali).

Nelle fig. 7.11-7.12 sono rappresentati i livelli assoluti dei piezometri PSC01 e PPC01 associati alla soglia di Basso Livello Medio.

A seguito dell'attivazione dei pozzi di dewatering della tura si può notare, da aprile, un netto abbassamento del livello piezometrico del PPC01: tale fenomeno non ha tuttavia interessato il piezometro superficiale PSC01.

A partire dal 12/04/08 il piezometro PPC01 non rispetta la soglia di Basso Livello Istantaneo in corrispondenza dei massimi mareali; dal 19/04/08 anche la soglia di Basso Livello Medio non viene rispettata.

Fig. 7.9 – Livelli piezometrici ( $h_t$ ) relativi al piezometro profondo PPC01 nel periodo di monitoraggio 01/05/2007 – 31/10/2007

Fig. 7.10 - Livelli piezometrici ( $h_u$ ) relativi al piezometro profondo PPC01 nel periodo di monitoraggio 01/11/2007 - 30/04/2008

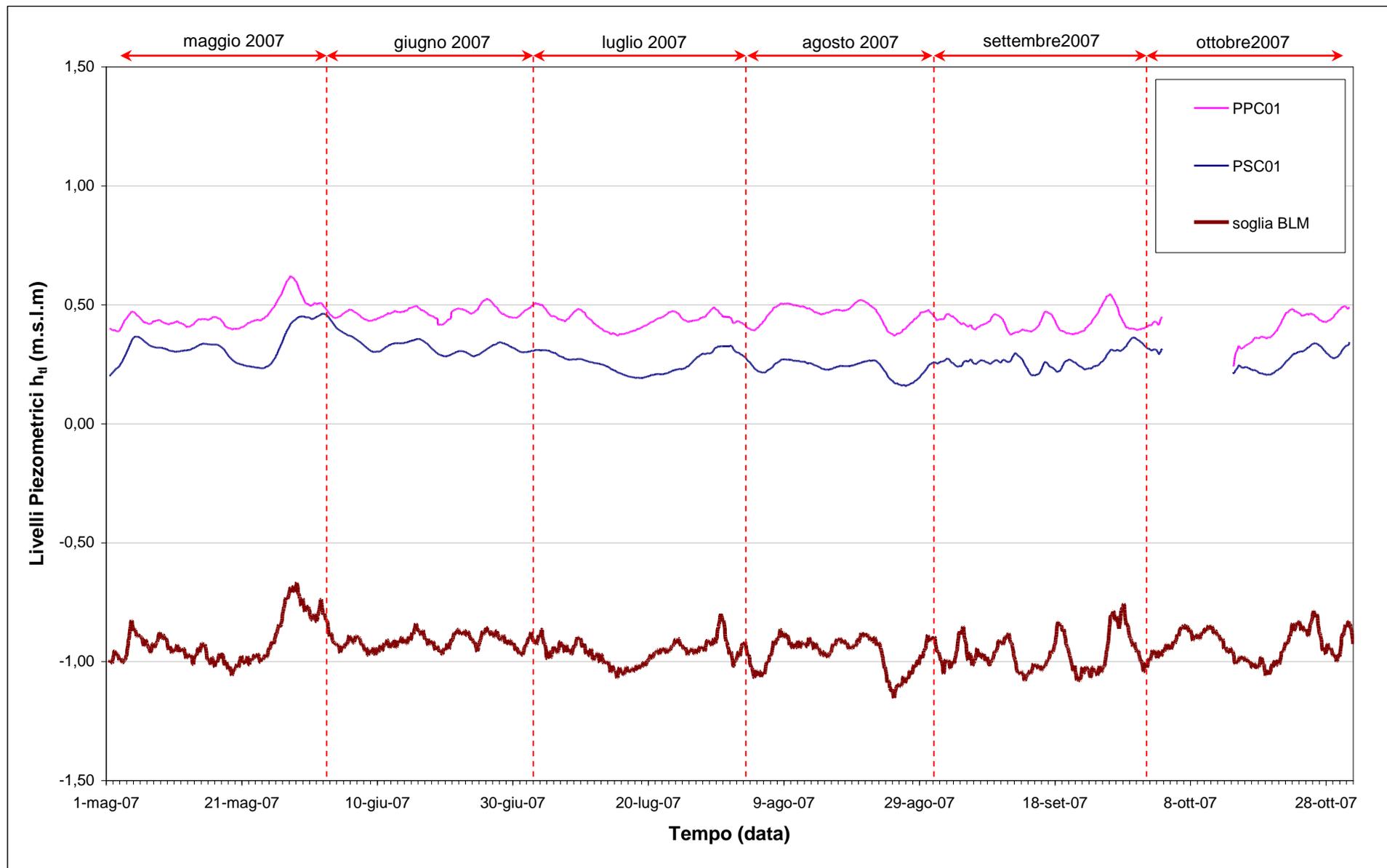


Fig. 7.11 - Verifica del rispetto della Soglia di Basso Livello Medio per i piezometri profondi nel periodo di monitoraggio 01/05/2007 - 31/10/2007

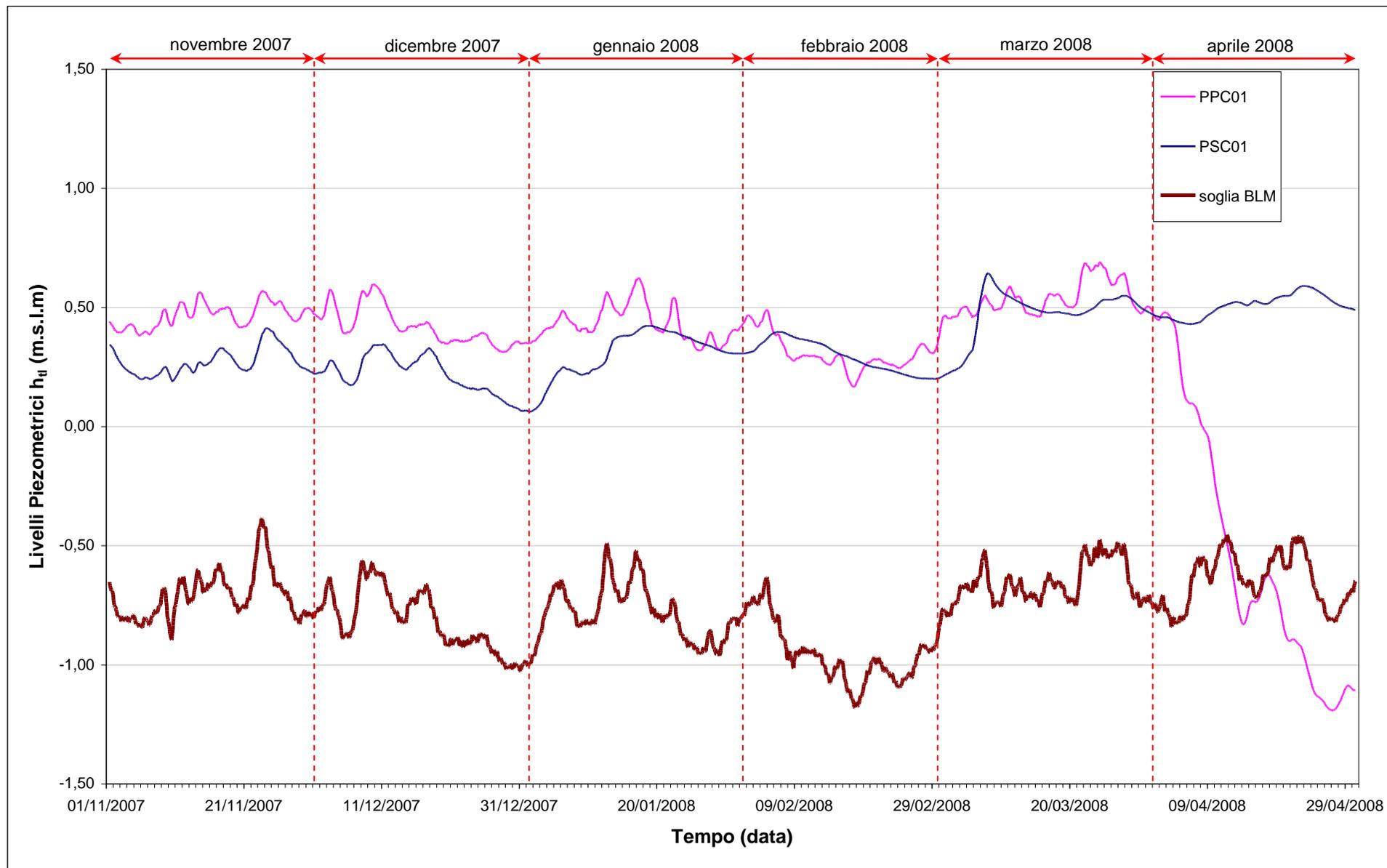


Fig. 7.12 - Verifica del rispetto della Soglia di Basso Livello Medio per i piezometri profondi nel periodo di monitoraggio 01/11/2007 - 30/04/2008

## 8. VERIFICA DEL RISPETTO DELLE SOGLIE DI AZIONE

Le soglie identificate nel “Rapporto di Variabilità Attesa, Ca’ Roman - Chioggia” (Studio B.6.72 B/2, marzo 2007) 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.8.1):

- 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.8. 1 - 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.8.1.

Durante tutto il periodo monitorato, in corrispondenza del PSC01 non sono stati rilevati superamenti delle soglie.

Nel piezometro profondo PPC01, a partire dal 12/04/08 la soglia di Basso Livello Istantaneo non è più rispettata in occasione dei massimi mareali; a partire dal 19/04/08 le soglie di Basso Livello Istantaneo e Medio sono sempre state superate. Tale superamento è attribuibile all'attività di emungimento dei pozzi di dewatering della tura, iniziata nel mese di aprile 2008.

## **9. ANALISI DELLA DENSITÀ DELL'ACQUA DI FALDA**

### **9.1 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.

In Fig.9.1 sono rappresentati i profili di densità del piezometro superficiale; in Fig.9.2 quelli relativi al piezometro profondo. Nei profili riguardanti il piezometro profondo è evidenziata (con un tratto più spesso) la posizione della finestratura.

Nel piezometro superficiale PSC01 si osserva un aumento della densità dell'acqua di falda nel periodo giugno - settembre 2007, seguito da una diminuzione nel periodo ottobre 2007 - aprile 2008.

Nel piezometro profondo non avvengono apprezzabili variazioni della densità dell'acqua di falda nel periodo monitorato.

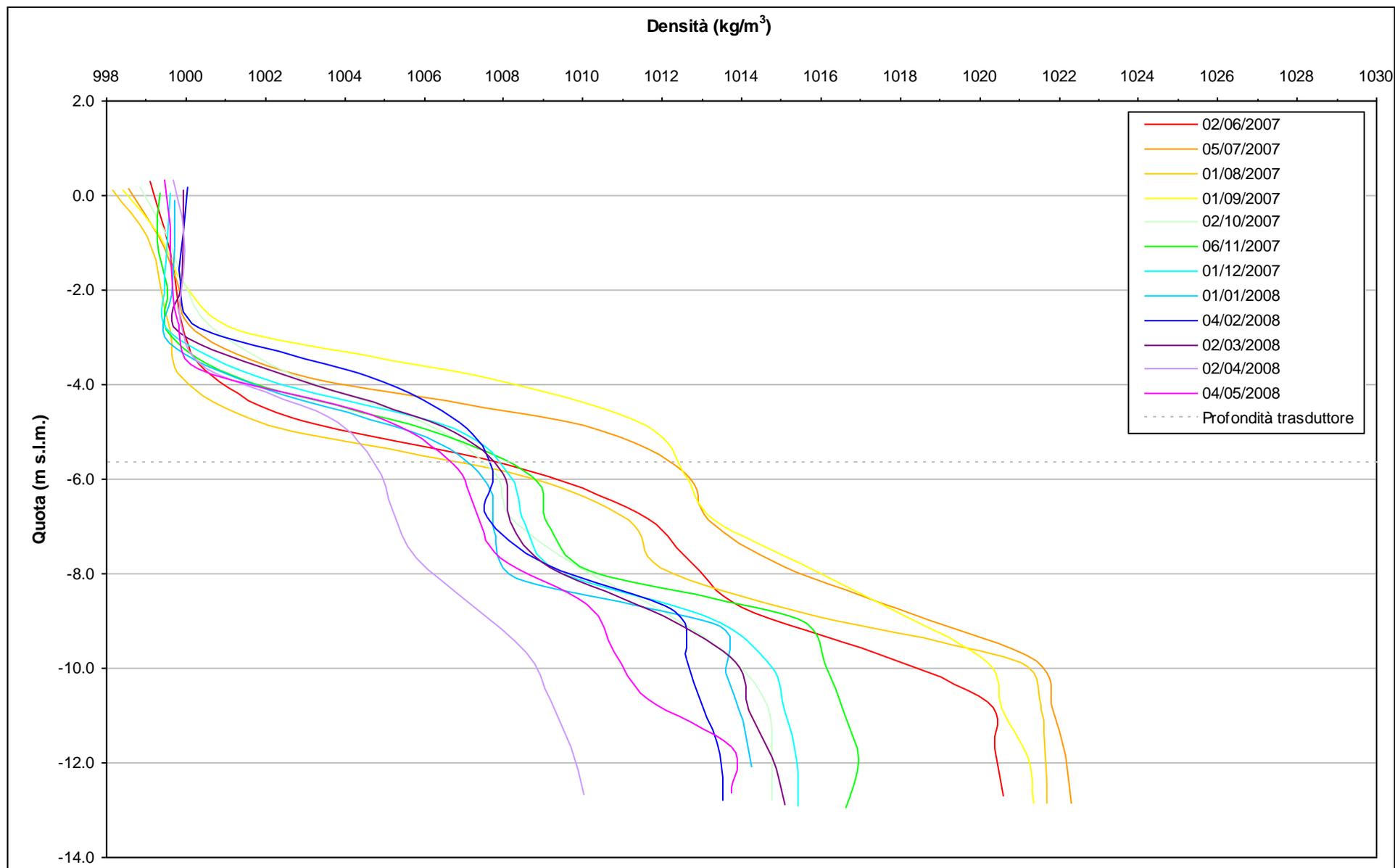


Fig. 9.1 - Profili verticali di densità PSC01

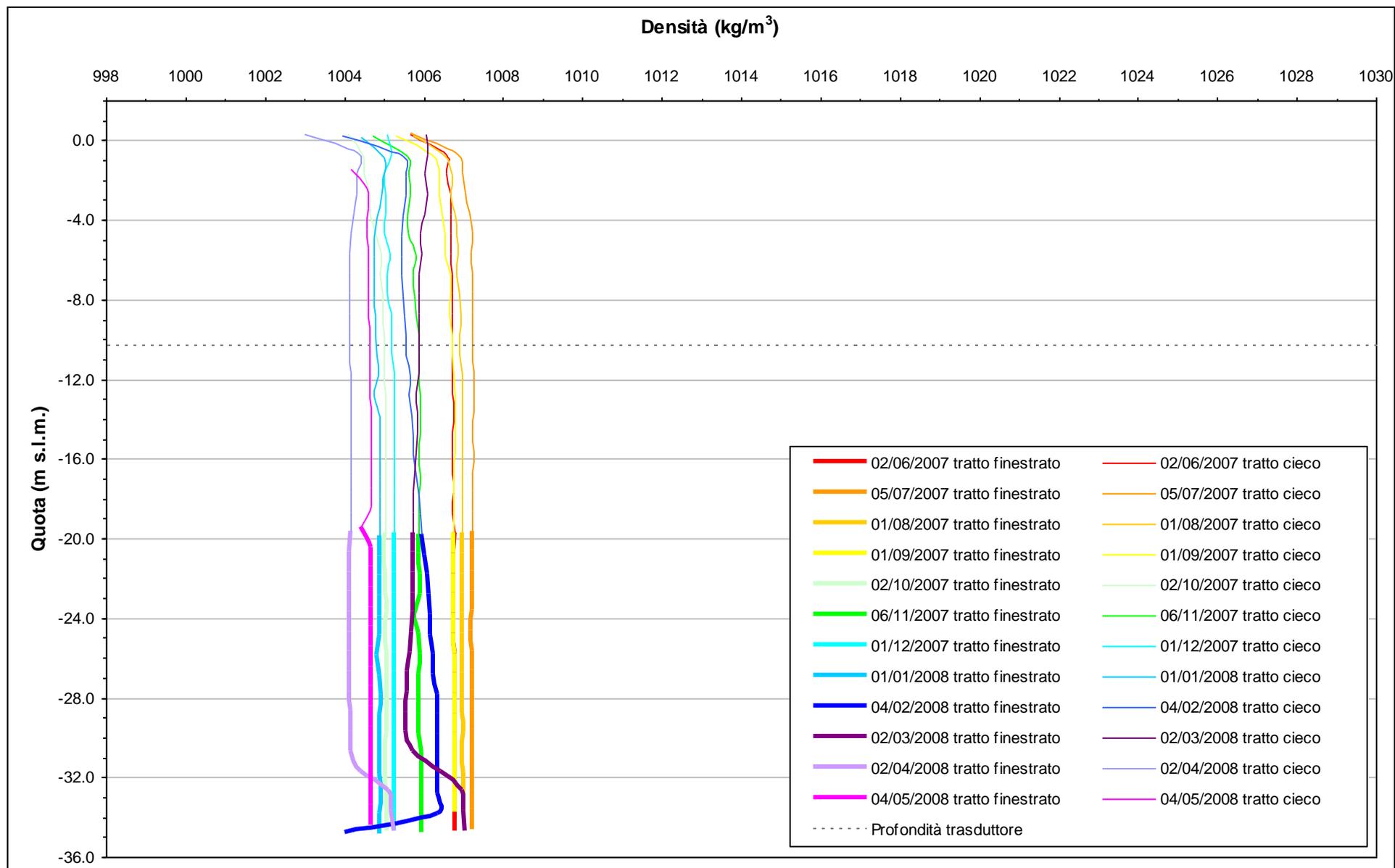


Fig. 9.2 - Profili verticali di densità PPC01

## 10. CONCLUSIONI

Nel periodo monitorato (01 maggio 2007 - 30 aprile 2008) sono stati registrati importanti cambiamenti nella dinamica dei livelli di falda:

- nel piezometro superficiale PSC01, a seguito dell'infissione dei palancolati della tura, avvenuta nei giorni 08-11/04/08, i livelli di falda non risentono più delle oscillazioni mareali;
- nel piezometro profondo PPC01, a partire dal 04/04/08, si registra un abbassamento di 1,5 m circa del livello di falda. Tale abbassamento è attribuibile all'attivazione dei pozzi di dewatering della tura.