



**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/4**

**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 **1.0**

Emissione **1 Luglio 2009**

Redazione

Verifica

Verifica

Approvazione

Ing. Alessandro Casasso
(POLITECNICO TORINO)

Ing. Rajandrea Sethi
(POLITECNICO TORINO)

Prof. Ing. Antonio Di Molfetta Ing. Pierpaolo Campostrini

Indice

INTRODUZIONE: DESCRIZIONE DELLE ATTIVITA' DI MONITORAGGIO.....	3
1. INTRODUZIONE.....	4
1.1 MONITORAGGIO FALDA – PUNTA SABBIONI	4
1.2 MONITORAGGIO FALDA – CA' ROMAN.....	5
PARTE PRIMA: MONITORAGGIO CANTIERE DI PUNTA SABBIONI.....	7
2. MONITORAGGIO DI FALDA – PUNTA SABBIONI	8
2.1 RETE DI MONITORAGGIO	8
2.1.1 <i>Costruzione nuovi piezometri (PP12, PP13, PP14).....</i>	<i>10</i>
2.1.2 <i>Coordinate planoaltimetriche dei piezometri</i>	<i>10</i>
2.1.3 <i>Lavori di manutenzione alla rete di monitoraggio.....</i>	<i>13</i>
2.1.4 <i>Calibrazione dei trasduttori della rete di monitoraggio</i>	<i>13</i>
2.2 ANALISI DEI DATI.....	14
2.2.1 <i>Descrizione delle forzanti naturali</i>	<i>14</i>
2.2.2 <i>Piezometri superficiali – primo livello acquifero (Strato A).....</i>	<i>22</i>
2.2.3 <i>Piezometri profondi – secondo livello acquifero (Strato C).....</i>	<i>50</i>
2.3 STUDIO PIEZOMETRICO	81
2.3.1 <i>Piezometria superficiale</i>	<i>82</i>
2.3.2 <i>Piezometria profonda</i>	<i>89</i>
2.4 VERIFICA DEL RISPETTO DELLE SOGLIE DI AZIONE.....	96
2.5 ANALISI DELLA DENSITA' DELL'ACQUA DI FALDA	98
2.5.1 <i>Profili verticali di densità.....</i>	<i>98</i>
2.6 CONCLUSIONI	121
PARTE SECONDA: MONITORAGGIO CANTIERE DI CA' ROMAN	122
3. MONITORAGGIO DI FALDA – CA' ROMAN	123
3.1 RETE DI MONITORAGGIO	123
3.2 ANALISI DEI DATI.....	124
3.2.1 <i>Descrizione delle forzanti naturali</i>	<i>124</i>
3.2.2 <i>Piezometro superficiale – primo livello acquifero (Strato A).....</i>	<i>132</i>
3.2.3 <i>Piezometro profondo – secondo livello acquifero (Strato C)</i>	<i>136</i>
3.3 VERIFICA DEL RISPETTO DELLE SOGLIE DI AZIONE.....	142
3.4 ANALISI DELLA DENSITA' DELL'ACQUA DI FALDA	144
3.4.1 <i>Profili verticali di densità.....</i>	<i>144</i>
3.5 CONCLUSIONI	147
4. BIBLIOGRAFIA.....	148

**INTRODUZIONE:
DESCRIZIONE DELLE ATTIVITA' DI
MONITORAGGIO**

1. INTRODUZIONE

Il presente Rapporto Finale presenta i risultati delle attività di monitoraggio dei livelli di falda svolte nel periodo 01/05/2008 - 30/04/2009 presso le aree di cantiere poste alla bocca di porto di Lido - lato Nord (Punta Sabbioni) e di Chioggia - lato Nord (Ca' Roman).

Il monitoraggio di falda in località Punta Sabbioni ha avuto inizio nel mese di ottobre 2005 ed ha permesso di comprendere la complessa dinamica piezometrica dell'acquifero superficiale (strato A) e gli impatti delle attività di cantiere (emungimento dei pozzi di dewatering della tura provvisoria per la prefabbricazione dei cassoni di alloggiamento delle barriere mobili) sul secondo livello acquifero in pressione (strato C), attraverso una rete di monitoraggio composta da 11 piezometri intercettanti l'acquifero superficiale e 14 pozzi di osservazione dei livelli dell'acquifero profondo.

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 MONITORAGGIO FALDA - PUNTA SABBIONI

La realizzazione del porto rifugio di Treporti ha richiesto la realizzazione di un bacino (tura) al fine di rendere agibile ai lavori un'area di cantiere posta alla quota di -8.70 m s.l.m. . Tale tura, a carattere provvisorio, è stata realizzata lato mare ad integrazione della diga foranea. La realizzazione della tura ha previsto l'esecuzione di reinterri e la realizzazione di una cinturazione costituita da diaframmi plastici lato terra e palancolato lato mare, l'installazione di un sistema di pozzi e pompe per il *dewatering*.

La rete di monitoraggio installata all'esterno del cantiere nel mese di luglio 2005 è composta da 11 postazioni doppie di monitoraggio (piezometro superficiale e profondo) per la misura dei livelli di falda nell'acquifero superficiale (denominato strato A) e nel sottostante livello acquifero in pressione (strato C); i due corpi idrici sotterranei sono intervallati da un livello argilloso (strato B). Nel mese di novembre 2008 la rete è stata integrata con 3 nuovi piezometri profondi al fine di ricostruire con miglior precisione gli effetti del pompaggio di cantiere.

Ciascun piezometro è dotato di un trasduttore automatico di pressione per la misura dei livelli di falda, posto a circa 7.5 m dal piano campagna, con frequenza di acquisizione oraria. Sono installati anche due trasduttori di pressione dell'aria per la compensazione barometrica dei carichi misurati in falda.

I dati acquisiti dai trasduttori vengono scaricati nel corso di sopralluoghi mensili, durante i quali si effettuano misure della conduttanza elettrica specifica dell'acqua di falda lungo la verticale all'interno dei piezometri superficiali PS01÷11 e PP01÷11, con l'utilizzo di una sonda manuale, al fine di ricavare, tramite relazioni empiriche, i profili verticali della densità dell'acqua.

Il monitoraggio della falda, iniziato nell'ottobre 2005, è stato condotto in parallelo all'esecuzione delle attività di la realizzazione della tura al fine di monitorare gli eventuali effetti sui livelli di falda. La rete è attiva da 42 mensilità. In Tab. 1.1 sono riassunte le attività di monitoraggio di falda attualmente svolte a Punta Sabbioni.

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

Tab. 1.1 - Riassunto delle attività di monitoraggio di falda presso il cantiere di Punta Sabbioni.

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

1.2 MONITORAGGIO FALDA - CA' ROMAN

In corrispondenza del porto rifugio di Chioggia è stata realizzata una tura al fine di rendere agibile un'area di cantiere posta alla quota di -11.0 m s.l.m. ove verranno realizzati i cassoni delle dighe mobili. Per permettere l'agibilità di tale piano lavori è stato attivato un sistema di aggettamento accoppiato ad una barriera perimetrale realizzata mediante un sistema di palancole e diaframmi plastici compositi.

La rete di monitoraggio esterna al cantiere 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, è stato condotto in parallelo all'esecuzione delle attività di la realizzazione della tura al fine di monitorare gli eventuali effetti sui livelli di falda. La rete è attiva da 26 mensilità. In Tab. 1.2 sono riassunte le attività di monitoraggio di falda svolte a Ca' Roman.

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

Tab. 1.2 - 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

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

2. MONITORAGGIO DI FALDA - PUNTA SABBIONI

2.1 RETE DI MONITORAGGIO

Vengono di seguito descritti i dati raccolti a Punta Sabbioni durante il periodo di monitoraggio di Fase B compreso tra il 1 maggio 2008 e il 30 aprile 2009.

Sono al seguito riportati i tracciati relativi ai livelli piezometrici in corrispondenza delle 14 postazioni di monitoraggio (Fig.2.1) nell'intero periodo di osservazione; alle 11 postazioni doppie operative sin dal mese di ottobre 2005 (piezometro superficiale e profondo) si aggiungono i tre piezometri profondi (PP12,PP13 e PP14) perforati e completati nel mese di novembre 2008 (Cap. 2.1).

Le coordinate planoaltimetriche dei piezometri della rete di monitoraggio sono riportate in Tab.2.4. e sono state ricavate in seguito ad un nuovo rilievo topografico (Cap. 2.2), effettuato in data 16/05/2008 e da un successivo rilievo sulle nuove postazioni di monitoraggio (PP12, PP13, PP14).

I dati di livello misurati all'interno dei piezometri 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 assoluto relativo a ciascun piezometro, il livello del mare, le precipitazioni e le Soglie di Alto e Basso Livello Istantaneo; i livelli negli 11 piezometri superficiali e nei 14 piezometri profondi sono confrontati con le soglie di Basso Livello Istantaneo e Medio; nel Cap. 2.3 sono riportate le rappresentazioni grafiche della piezometria nell'acquifero superficiale e nell'acquifero profondo; i superamenti delle Soglie di Alto Livello e Basso Livello verificatisi nel periodo di monitoraggio sono riportati nel Cap. 2.4.

Sono infine presentati i profili verticali di densità dell'acqua di falda calcolati in ciascun piezometro a partire dai profili verticali di conduttanza (Cap. 2.5); nel Cap. 2.6 sono riportate le conclusioni.

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

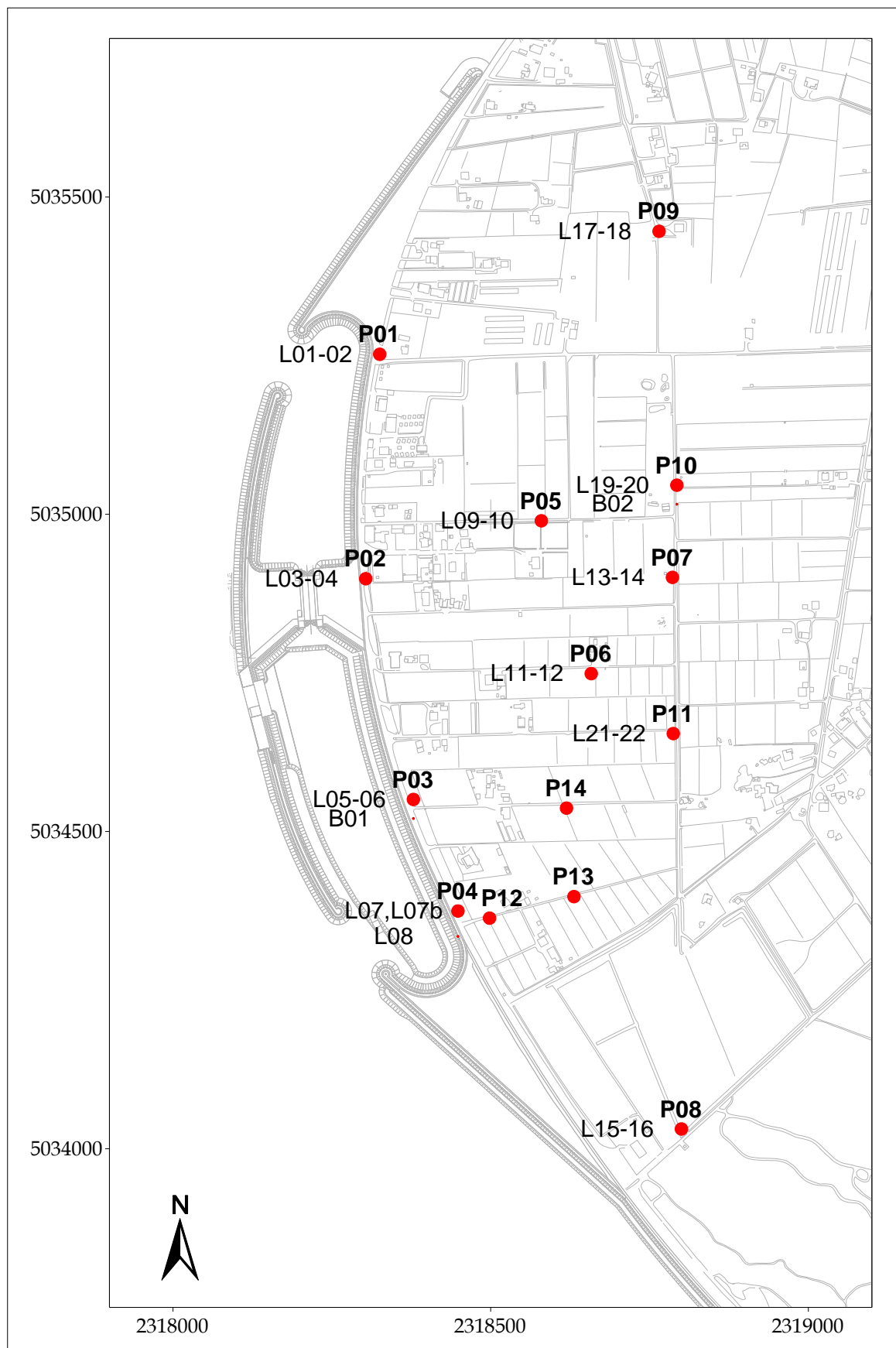


Fig. 2.1- Ubicazione delle postazioni di monitoraggio, dei Levellogger e dei Barologger.

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

2.1.1 *Costruzione nuovi piezometri (PP12, PP13, PP14)*

Nei giorni 13, 14 e 17 novembre 2008 si è proceduto alla perforazione dei tre piezometri PP12, 13 e 14 per il monitoraggio del livello acquifero profondo, alla costruzione dei pozzetti e agli spurghi degli stessi.

Le posizioni delle nuove postazioni piezometriche sono rappresentate in Fig.2.1, mentre le coordinate planoaltimetriche sono riportate in Tab.2.4.

2.1.2 *Coordinate planoaltimetriche dei piezometri*

In data 16/05/2008 è stato effettuato un rilievo plano-altimetrico in corrispondenza della rete di monitoraggio, in base al quale sono state ricavate le quote geoidiche dei piezometri della rete di monitoraggio, riportate in Tab. 2.2 e utilizzate nella redazione del presente Rapporto Finale.

Le coordinate dei piezometri precedentemente utilizzate erano state ricavate dal rilievo topografico effettuato nel novembre 2005 e sono riportate in Tab. 2.1.

Il confronto tra i due rilievi (Tab.2.3) evidenzia una modificazione delle quote altimetriche dei piezometri. Se nella maggior parte dei casi tale differenza rientra nell'incertezza di misura, per le postazioni P3 e P4 è possibile, invece, notare un abbassamento della quota di riferimento dell'ordine della decina di centimetri. Nel dettaglio gli abbassamenti risultano essere: PS03=-0.086 m PS04=-0.109 m, PP03=-0.061 m PP04=-0.099 m. Tali variazioni di quota sono probabilmente imputabili agli effetti di consolidamento derivanti dalle attività di pompaggio in corrispondenza del cantiere.

Tab. 2.1 - Coordinate del rilievo effettuato nel novembre 2005.

NOME	H geoid	N GB Fuso Est	E GB Fuso Est	N ED50 33N	E ED50 33N	N WGS84 33N	E WGS84 33N
PP01	1.781	5035252.10	2318325.44	5035423.85	298390.00	5035231.79	298321.30
PP02	1.706	5034898.36	2318303.40	5035070.12	298367.97	5034878.06	298299.27
PP03	1.492	5034550.49	2318378.37	5034722.26	298442.93	5034530.20	298374.23
PP04	1.515	5034374.67	2318448.54	5034546.44	298513.10	5034354.38	298444.40
PP05	1.730	5034989.68	2318579.81	5035161.43	298644.37	5034969.37	298575.67
PP06	1.652	5034748.80	2318658.29	5034920.56	298722.85	5034728.50	298654.15
PP07	1.323	5034900.50	2318786.12	5035072.25	298850.68	5034880.19	298781.97
PP08	0.675	5034031.14	2318800.26	5034202.91	298864.81	5034010.85	298796.11
PP09	2.274	5035445.93	2318765.07	5035617.67	298829.64	5035425.62	298760.93
PP10	2.098	5035045.83	2318793.08	5035217.58	298857.64	5035025.53	298788.93
PP11	1.169	5034652.23	2318787.28	5034823.99	298851.84	5034631.93	298783.14
PS01	1.778	5035253.68	2318325.88	5035425.43	298390.44	5035233.37	298321.74
PS02	1.713	5034900.48	2318303.30	5035072.24	298367.86	5034880.18	298299.17
PS03	1.545	5034552.61	2318377.62	5034724.38	298442.18	5034532.32	298373.48
PS04	1.453	5034373.27	2318449.34	5034545.04	298513.89	5034352.98	298445.20
PS05	1.816	5034989.80	2318582.01	5035161.55	298646.57	5034969.49	298577.87
PS06	1.688	5034750.84	2318658.27	5034922.60	298722.83	5034730.54	298654.13
PS07	1.403	5034898.62	2318785.95	5035070.37	298850.51	5034878.32	298781.81
PS08	0.663	5034032.43	2318799.69	5034204.20	298864.24	5034012.15	298795.55
PS09	2.259	5035448.00	2318764.67	5035619.73	298829.24	5035427.68	298760.53
PS10	2.023	5035043.94	2318792.99	5035215.69	298857.55	5035023.63	298788.85
PS11	1.087	5034654.31	2318787.40	5034826.06	298851.96	5034634.01	298783.26

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

Tab. 2.2 - Coordinate del rilievo effettuato nel maggio 2008.

NOME	H geoid	N GB Fuso Est	E GB Fuso Est	N ED50 33N	E ED50 33N	N WGS84 33N	E WGS84 33N
PP01	1.801	5035252.070	2318325.445	5035423.823	298390.016	5035231.761	298321.317
PP02	1.681	5034898.311	2318303.382	5035070.070	298367.949	5034878.010	298299.250
PP03	1.431	5034550.420	2318378.272	5034722.184	298442.833	5034530.125	298374.135
PP04	1.416	5034374.633	2318448.449	5034546.398	298513.007	5034354.341	298444.309
PP05	1.718	5034989.651	2318579.820	5035161.405	298644.384	5034969.345	298575.684
PP06	1.636	5034748.793	2318658.266	5034920.550	298722.825	5034728.491	298654.125
PP07	1.318	5034900.483	2318786.109	5035072.236	298850.668	5034880.176	298781.967
PP08	0.747	5034031.124	2318800.248	5034202.889	298864.796	5034010.834	298796.097
PP09	2.255	5035445.892	2318765.040	5035617.637	298829.606	5035425.574	298760.905
PP10	2.086	5035045.822	2318793.077	5035217.572	298857.638	5035025.512	298788.937
PP11	1.149	5034652.198	2318787.249	5034823.954	298851.804	5034631.896	298783.104
PS01	1.790	5035253.639	2318325.868	5035425.392	298390.439	5035233.330	298321.741
PS02	1.687	5034900.438	2318303.306	5035072.197	298367.872	5034880.136	298299.174
PS03	1.459	5034552.536	2318377.523	5034724.299	298442.084	5034532.241	298373.386
PS04	1.344	5034373.231	2318449.250	5034544.996	298513.808	5034352.939	298445.110
PS05	1.816	5034989.756	2318582.033	5035161.510	298646.596	5034969.450	298577.896
PS06	1.664	5034750.834	2318658.262	5034922.591	298722.821	5034730.532	298654.122
PS07	1.403	5034898.604	2318785.955	5035070.357	298850.514	5034878.297	298781.814
PS08	0.623	5034032.417	2318799.681	5034204.183	298864.228	5034012.128	298795.529
PS09	2.248	5035447.981	2318764.644	5035619.726	298829.211	5035427.663	298760.510
PS10	2.003	5035043.940	2318792.990	5035215.691	298857.550	5035023.630	298788.850
PS11	1.086	5034654.305	2318787.374	5034826.062	298851.930	5034634.003	298783.230

Tab. 2.3 - Differenze tra le coordinate del rilievo 2005 e del rilievo 2008.

NOME	H geoid	N GB Fuso Est	E GB Fuso Est	N ED50 33N	E ED50 33N	N WGS84 33N	E WGS84 33N
PP01	0.020	-0.027	0.009	-0.027	0.013	-0.029	0.013
PP02	-0.025	-0.051	-0.021	-0.054	-0.018	-0.052	-0.020
PP03	-0.061	-0.070	-0.098	-0.074	-0.095	-0.071	-0.098
PP04	-0.099	-0.040	-0.094	-0.045	-0.092	-0.041	-0.095
PP05	-0.012	-0.024	0.010	-0.023	0.012	-0.026	0.012
PP06	-0.016	-0.007	-0.023	-0.007	-0.023	-0.010	-0.023
PP07	-0.005	-0.013	-0.007	-0.010	-0.008	-0.017	-0.007
PP08	0.072	-0.012	-0.012	-0.017	-0.013	-0.016	-0.015
PP09	-0.019	-0.039	-0.030	-0.032	-0.031	-0.043	-0.027
PP10	-0.012	-0.009	0.002	-0.006	0.001	-0.013	0.003
PP11	-0.020	-0.033	-0.032	-0.033	-0.034	-0.037	-0.033
PS01	0.012	-0.038	-0.007	-0.038	-0.003	-0.040	-0.002
PS02	-0.026	-0.044	0.008	-0.047	0.010	-0.046	0.009
PS03	-0.086	-0.077	-0.097	-0.082	-0.094	-0.078	-0.097
PS04	-0.109	-0.035	-0.088	-0.040	-0.086	-0.036	-0.089
PS05	0.000	-0.042	0.021	-0.041	0.022	-0.044	0.022
PS06	-0.024	-0.006	-0.012	-0.005	-0.012	-0.008	-0.011
PS07	0.000	-0.014	0.004	-0.011	0.003	-0.018	0.005
PS08	-0.040	-0.017	-0.013	-0.021	-0.015	-0.020	-0.017

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

NOME	H geoid	N GB Fuso Est	E GB Fuso Est	N ED50 33N	E ED50 33N	N WGS84 33N	E WGS84 33N
PS09	-0.011	-0.015	-0.025	-0.008	-0.025	-0.019	-0.021
PS10	-0.020	0.000	0.003	0.004	0.001	-0.004	0.004
PS11	-0.001	-0.001	-0.028	0.000	-0.029	-0.005	-0.028

In conclusione (Tab 2.4), sono state mantenute le coordinate planimetriche dei piezometri PP01÷11 e PS01÷11 risultanti dal rilievo topografico effettuato nel novembre 2005, in quanto le differenze con il rilievo più recente sono ridotte ed all'interno del margine d'errore strumentale. Le quote geoidiche sono state modificate, adottando quelle risultanti dal rilievo topografico del 2008. Sono infine state inserite le coordinate delle tre nuove postazioni piezometriche (PP12, PP13 e PP14) costruite nel mese di novembre 2008.

Tab. 2.4 - Coordinate dei piezometri della rete di monitoraggio.

NOME	H geoid	N GB Fuso Est	E GB Fuso Est	N ED50 33N	E ED50 33N	N WGS84 33N	E WGS84 33N
PP01	1.801	5035252.10	2318325.44	5035423.85	298390.00	5035231.79	298321.30
PP02	1.681	5034898.36	2318303.40	5035070.12	298367.97	5034878.06	298299.27
PP03	1.431	5034550.49	2318378.37	5034722.26	298442.93	5034530.20	298374.23
PP04	1.416	5034374.67	2318448.54	5034546.44	298513.10	5034354.38	298444.40
PP05	1.718	5034989.68	2318579.81	5035161.43	298644.37	5034969.37	298575.67
PP06	1.636	5034748.80	2318658.29	5034920.56	298722.85	5034728.50	298654.15
PP07	1.318	5034900.50	2318786.12	5035072.25	298850.68	5034880.19	298781.97
PP08	0.747	5034031.14	2318800.26	5034202.91	298864.81	5034010.85	298796.11
PP09	2.255	5035445.93	2318765.07	5035617.67	298829.64	5035425.62	298760.93
PP10	2.086	5035045.83	2318793.08	5035217.58	298857.64	5035025.53	298788.93
PP11	1.149	5034652.23	2318787.28	5034823.99	298851.84	5034631.93	298783.14
PP12	1.071	5034363.43	2318498.26	5034535.18	298562.84	5034343.12	298494.15
PP13	1.169	5034397.36	2318631.11	5034569.11	298695.69	5034377.05	298627.00
PP14	1.502	5034536.86	2318619.38	5034708.61	298683.96	5034516.54	298615.27
PS01	1.790	5035253.68	2318325.88	5035425.43	298390.44	5035233.37	298321.74
PS02	1.687	5034900.48	2318303.30	5035072.24	298367.86	5034880.18	298299.17
PS03	1.459	5034552.61	2318377.62	5034724.38	298442.18	5034532.32	298373.48
PS04	1.344	5034373.27	2318449.34	5034545.04	298513.89	5034352.98	298445.20
PS05	1.816	5034989.80	2318582.01	5035161.55	298646.57	5034969.49	298577.87
PS06	1.664	5034750.84	2318658.27	5034922.60	298722.83	5034730.54	298654.13
PS07	1.403	5034898.62	2318785.95	5035070.37	298850.51	5034878.32	298781.81
PS08	0.623	5034032.43	2318799.69	5034204.20	298864.24	5034012.15	298795.55
PS09	2.248	5035448.00	2318764.67	5035619.73	298829.24	5035427.68	298760.53
PS10	2.003	5035043.94	2318792.99	5035215.69	298857.55	5035023.63	298788.85
PS11	1.086	5034654.31	2318787.40	5034826.06	298851.96	5034634.01	298783.26

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

2.1.3 Lavori di manutenzione alla rete di monitoraggio

Nei giorni 10/05/2008 e 13/05/2008 sono stati eseguiti i seguenti lavori di manutenzione della rete di monitoraggio:

- spurgo del piezometro PP10 (intervento eseguito in data 10/05/2008);
- manutenzione e ripristino di 7 pozzetti carrabili relativi ai piezometri PP01, PS02, PP03, PS03, PP04, PS08, PP08 (interventi eseguiti in data 10/05/2008 e 13/05/2008).

2.1.4 Calibrazione dei trasduttori della rete di monitoraggio

In data 10-11/03/09 è stata effettuata una calibrazione di tutti i trasduttori della rete di monitoraggio ("Studio B.6.72 B/4 Attività di rilevamento per il monitoraggio degli effetti prodotti dalla costruzione delle opere alle bocche lagunari - Macroattività: livelli di falda - Rapporto mensile marzo 2009" e relativo Allegato X "Calibrazione dei trasduttori della rete di monitoraggio dei livelli di falda di Punta Sabbioni").

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 gestita dalla “Matrice Aria e Agenti Chimici” e dalla stazione meteorologica “ARPAV - Cavallino Treporti”;
- 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.

2.2.1.1 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”, ad eccezione dei mesi di maggio e dicembre 2008, aprile 2009, nei quali sono stati utilizzati i dati della stazione meteorologica “ARPAV - Cavallino Treporti”.

Nelle Figg. 2.2-2.3 è riportato l’andamento delle precipitazioni registrate nel periodo di riferimento. In Tab. 2.5 sono riportati gli eventi piovosi di entità maggiore o uguale a 5 mm nel periodo di monitoraggio.

Tab. 2.5 - Eventi piovosi significativi verificatisi nel periodo di monitoraggio.

DATA	DURATA (h)	ENTITÀ (mm)
18/05/08	24	105
20/05/08	24	11,6
23/05/08	24	7,2
04-05/06/08	48	18
11/06/08	24	20,8
13-14/06/08	48	31,2
17-18/06/08	14	29
28/06/08	2	17,4
01/07/08	4	21,4
01/07/08	4	21,4
06/07/08	2	27,2
13/07/08	3	15,0
14/07/08	4	5,0
18/07/08	6	7,6
08/08/08	2	24,6
14/08/08	1	5,4
15-16/08/08	18	75,4
13-14/09/08	24	47,6
29-30/10/08	19	23
01/11/08	8	8,0
04/11/08	16	14,2
05-06/11/08	10	13,6
12-14/11/08	41	58,0
28-30/11/08	48	57,6

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

DATA	DURATA (h)	ENTITÀ (mm)
01/12/08	24	14.6
05/12/08	24	13.0
10-12/12/08	72	53.2
13/12/08	24	14.2
14-16/12/08	72	57.6
01/01/09	12	18,6
14-15/01/09	26	21,4
20-21/01/09	21	14,4
26-27/01/09	16	15,2
27/01/09	7	5,0
01/02/09	10	7.0
02-03/02/09	19	34.0
06-07/02/09	20	16.6
04-05/03/09	35	32.8
28-30/03/09	37	67.6
31/03/09	4	6.6
01-02/04/09	48	12.8
04-06/04/09	72	6.4
19-20/04/09	48	15.4
26-29/04/09	96	56.4

2.2.1.2 Livello del mare

Nelle Figg. 2.4-2.5 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.

2.2.1.3 Pressione atmosferica - h_p

Nell'area oggetto del monitoraggio sono presenti due Barologger B01 e B02, posizionati all'altezza del piano campagna all'interno rispettivamente dei due piezometri profondi PP03 e PP10. In Fig.2.6 e Fig.2.7 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.

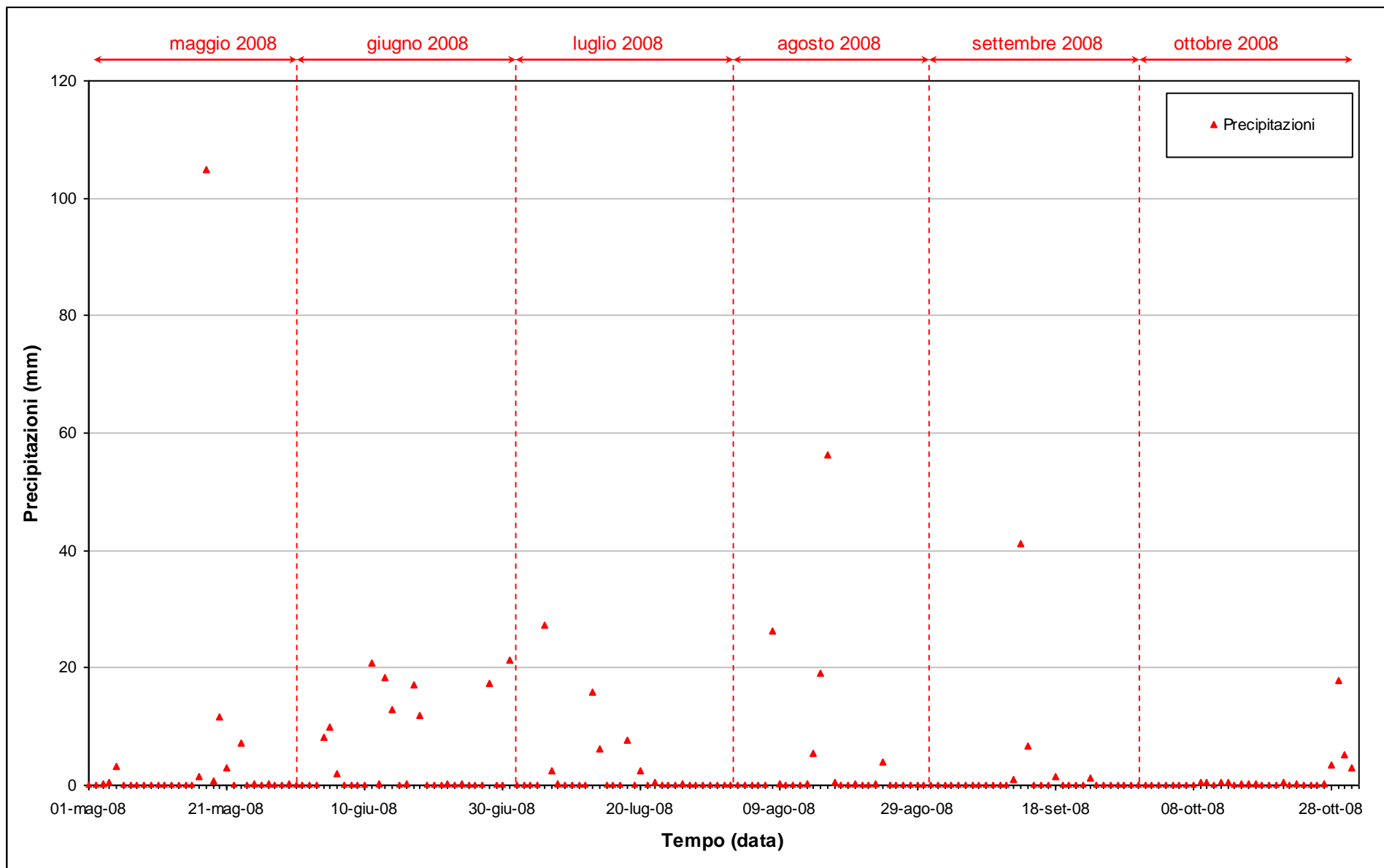


Fig. 2.2 - Precipitazioni registrate nel periodo di monitoraggio 01/05/2008 - 31/10/2008.

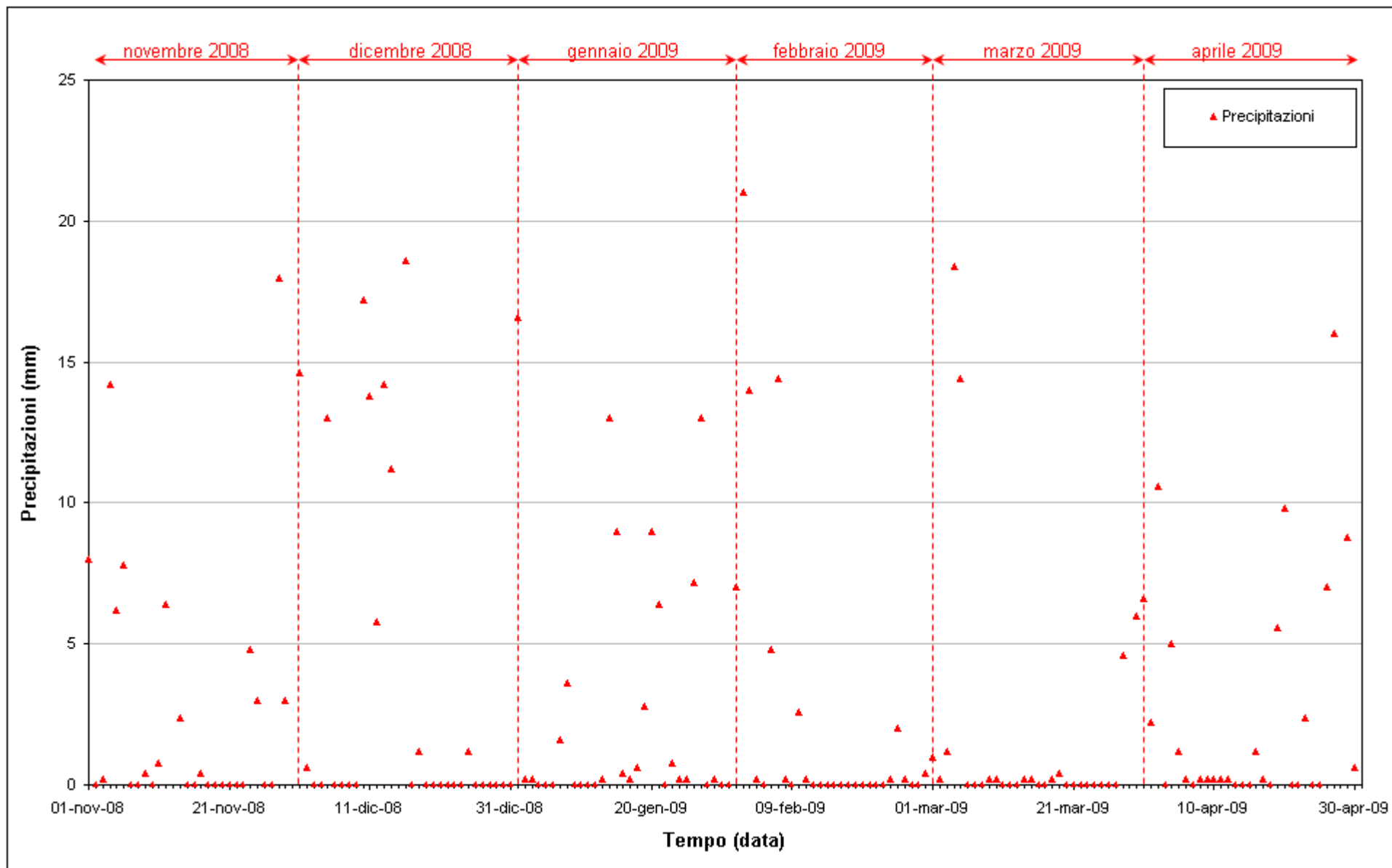


Fig. 2.3 - Precipitazioni registrate nel periodo di monitoraggio 01/11/2008 - 30/04/2009.

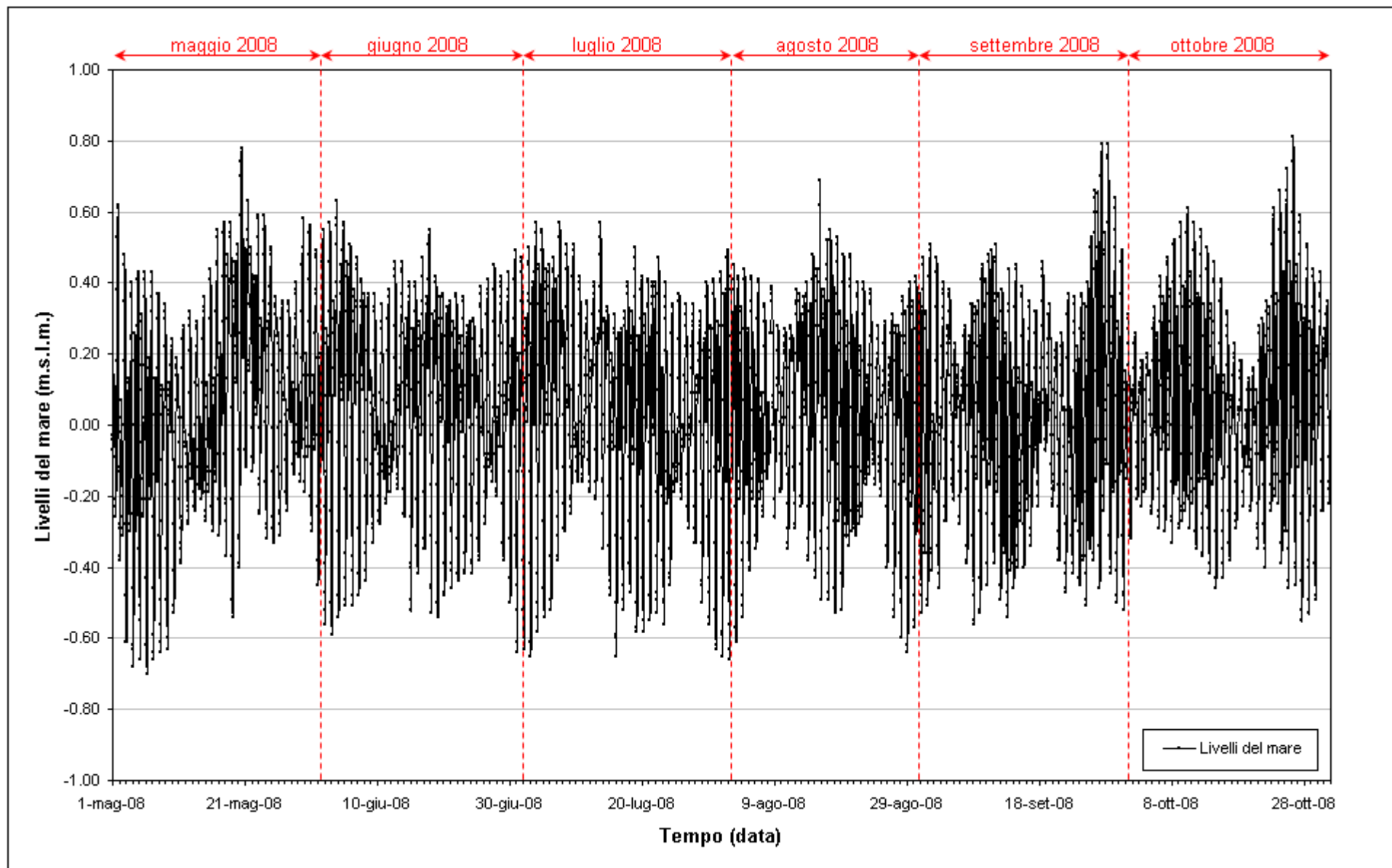


Fig. 2.4 - Livello del mare misurato in corrispondenza del mareografo Diga Sud Lido nel periodo di monitoraggio 01/05/2008 - 31/10/2008.

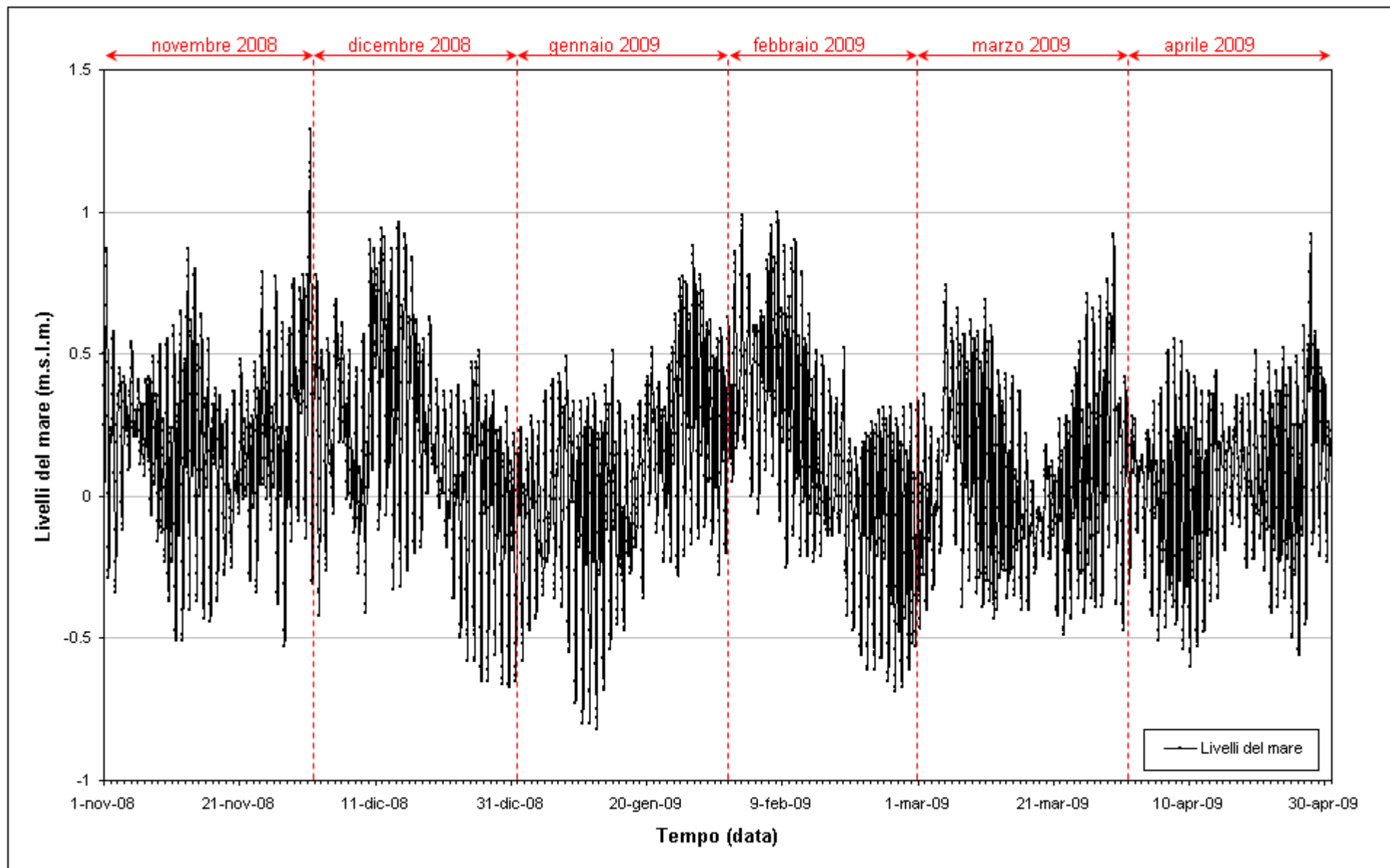
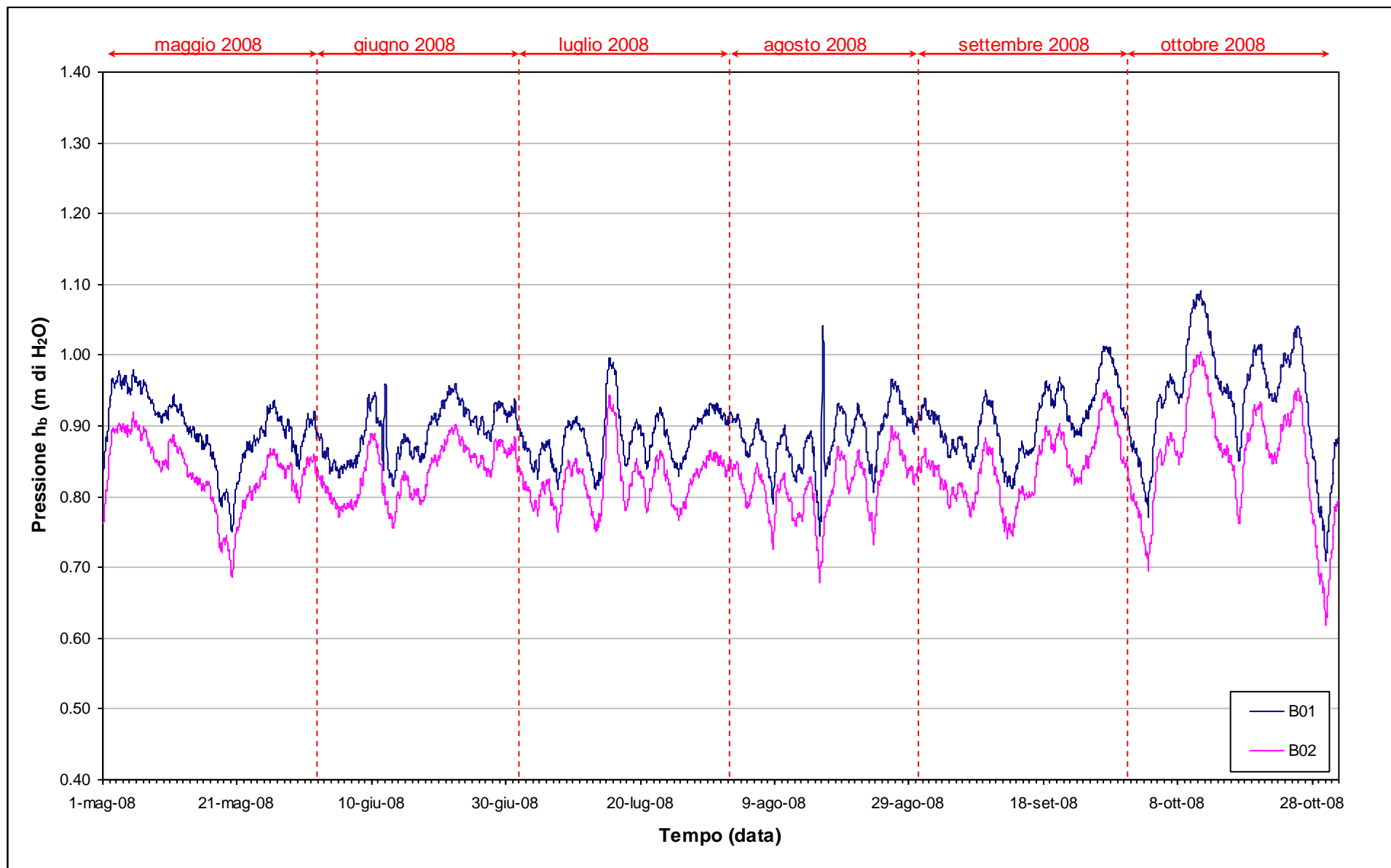


Fig. 2.5 - Livello del mare misurato in corrispondenza del mareografo Diga Sud Lido nel periodo di monitoraggio 01/11/08 - 30/04/09.

Fig. 2.6 - Tracciati di misura dei Barologger B01 e B02 (h_b) nel periodo di monitoraggio 01/05/2008 - 31/10/2008.

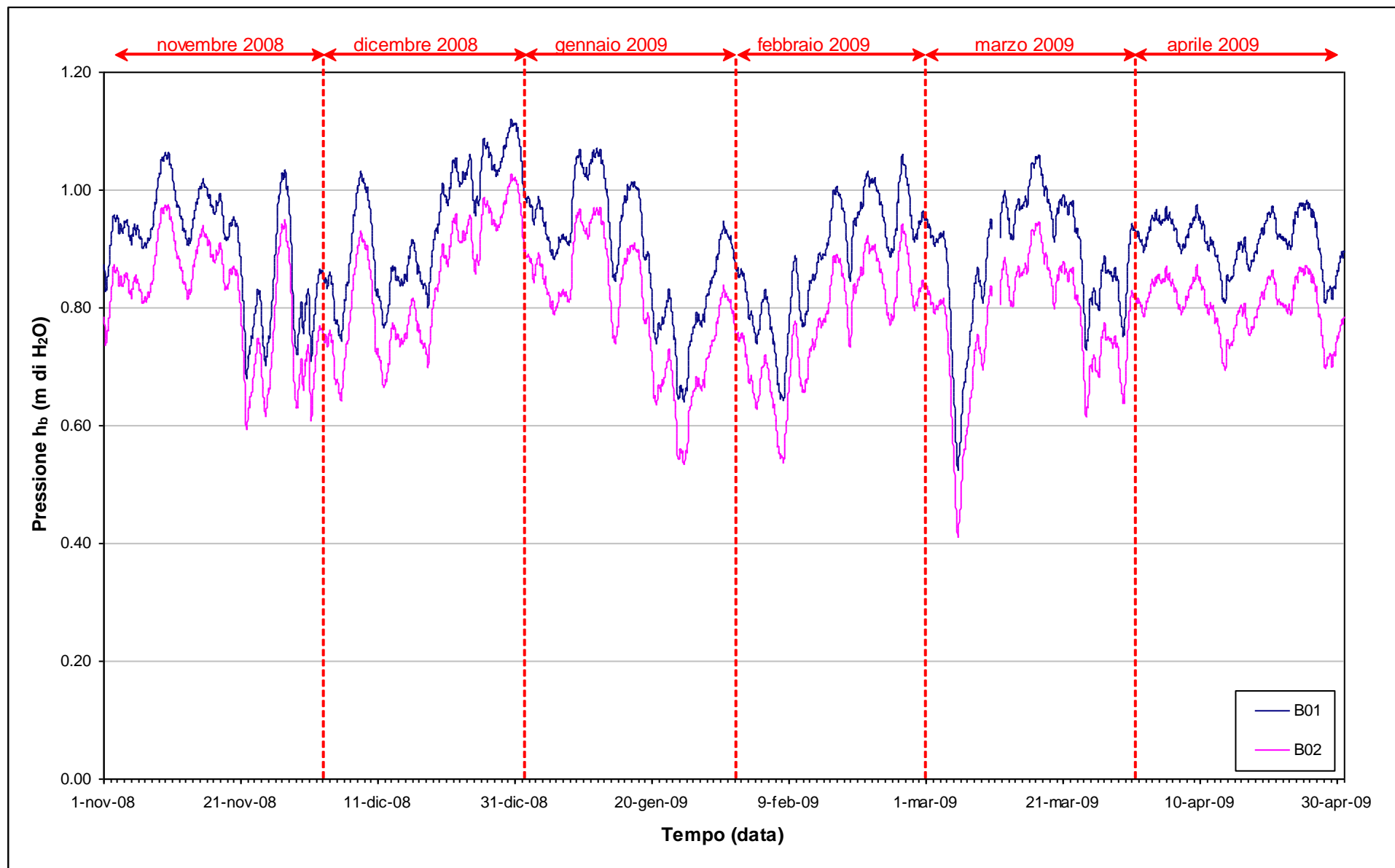


Fig. 2.7 - Tracciati di misura dei Barologger B01 e B02 (h_b) nel periodo di monitoraggio 01/11/2008 - 30/04/2009.

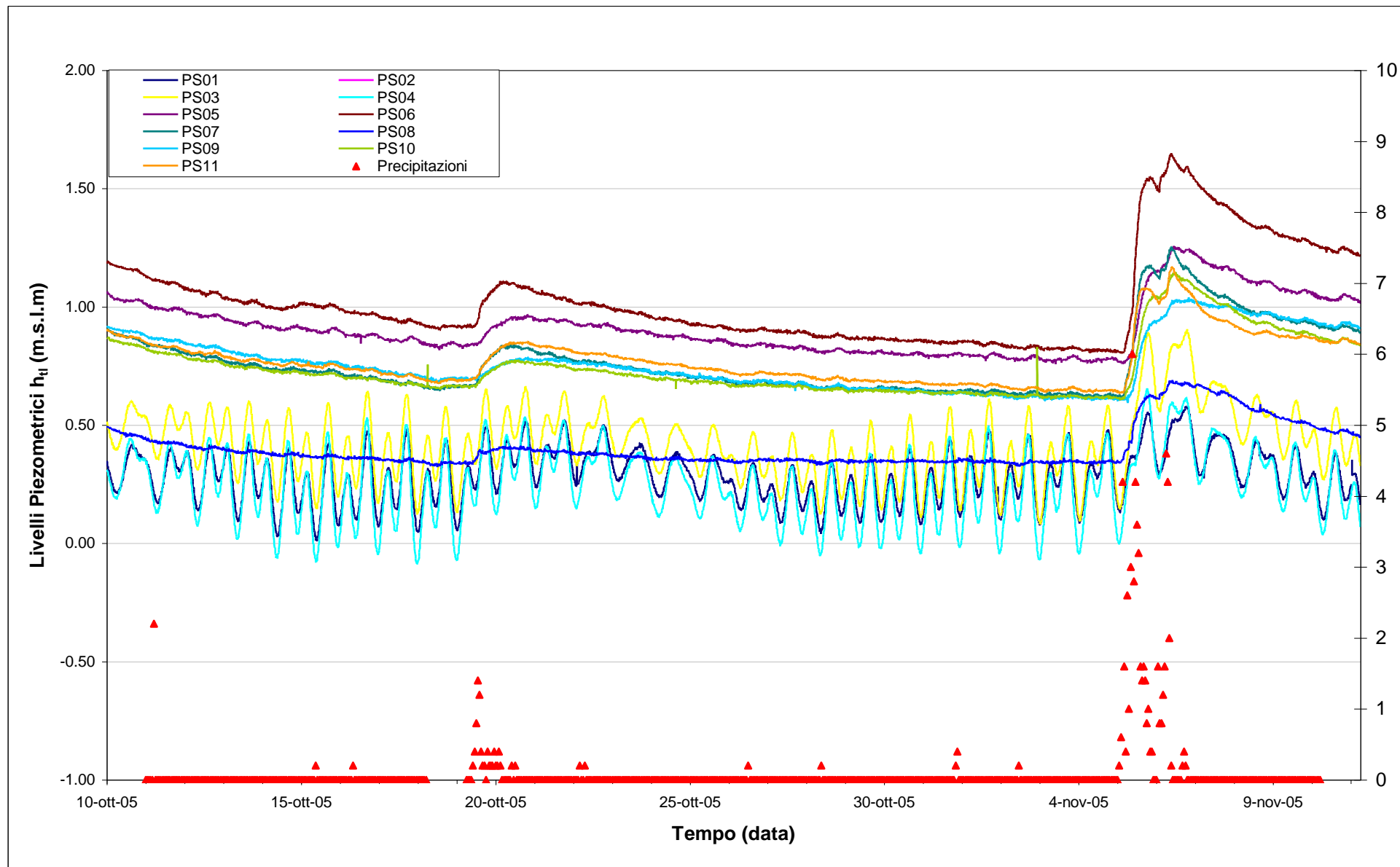
2.2.2 *Piezometri superficiali – primo livello acquifero (Strato A)*

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).

In Fig. 2.8 sono rappresentate le serie temporali degli 11 piezometri superficiali e delle precipitazioni nella fase A (ottobre - novembre 2005).

Nelle Figg.2.9-2.10 è rappresentato l'andamento complessivo degli undici piezometri superficiali e delle precipitazioni durante il periodo di monitoraggio, mentre nelle Figg.2.11-2.32 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 Figg. 2.33-2.34 è rappresentato l'andamento complessivo dei livelli nei piezometri superficiali mediati su un periodo di 24 ore, confrontati con la soglia di Basso Livello Medio.

Le serie temporali di livello dei piezometri PS05 e PS07 non sono disponibili per il periodo 04/05/08 - 02/06/08 a causa di un problema tecnico nello scaricamento dei dati dai trasduttori.

Fig. 2.8 - Livelli piezometrici (h_{π}) relativi ai piezometri superficiali nella fase A (ottobre - novembre 2005).

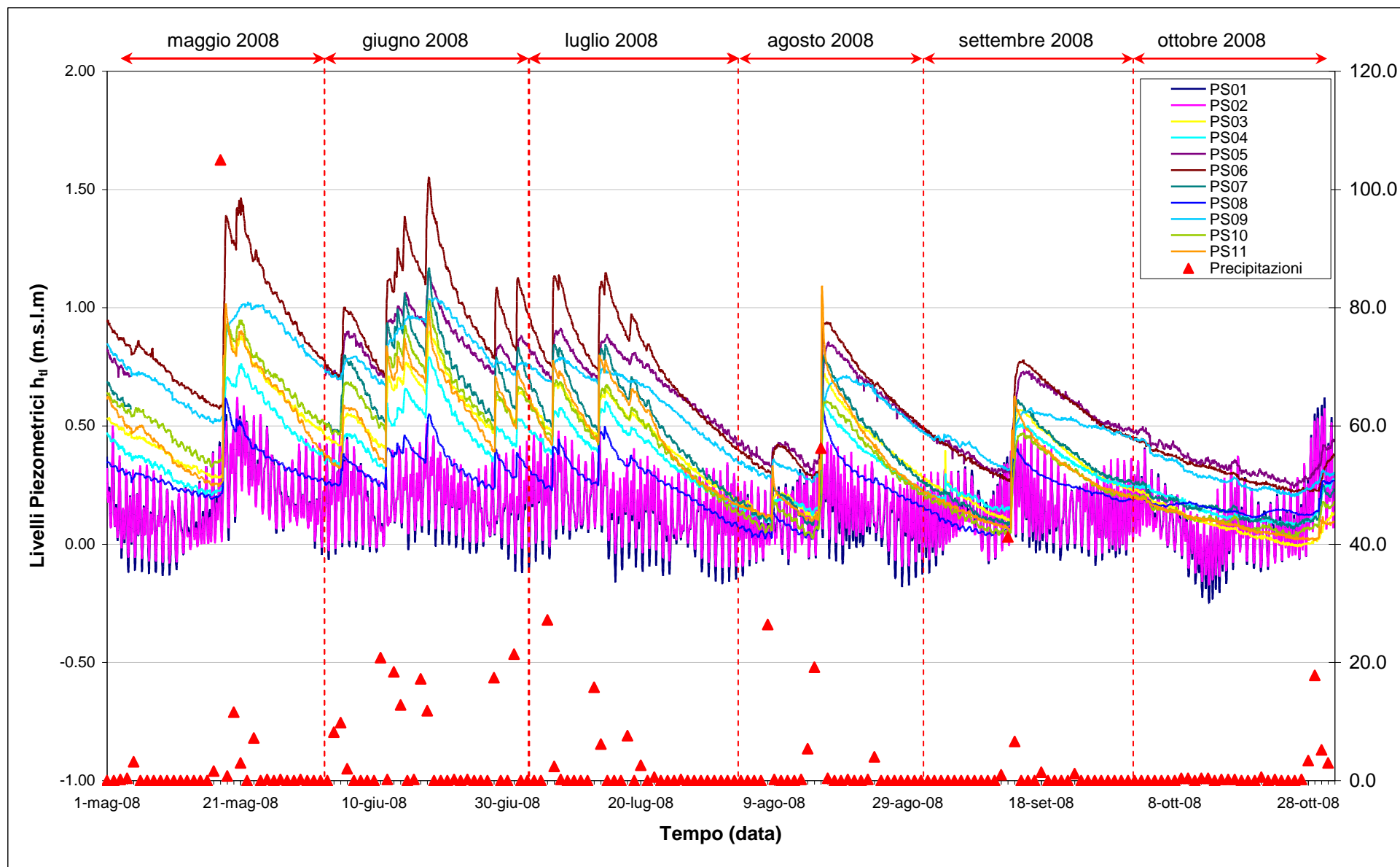
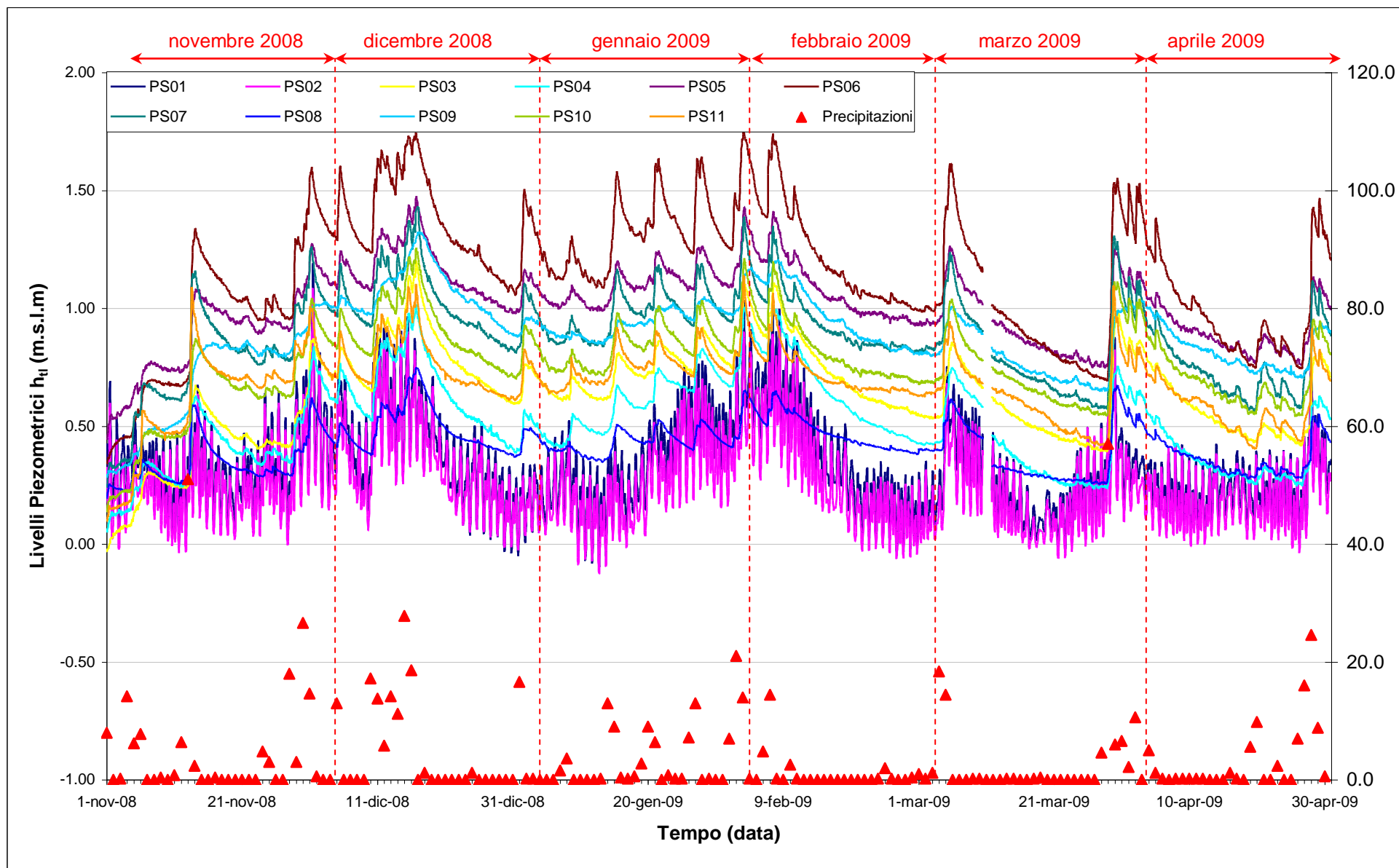


Fig. 2.9 - Livelli piezometrici (h_{π}) relativi ai piezometri superficiali nel periodo di monitoraggio 01/05/2008 - 31/10/2008.

Fig. 2.10 - Livelli piezometrici (h_u) relativi ai piezometri superficiali nel periodo di monitoraggio 01/11/2008 - 30/04/2009.

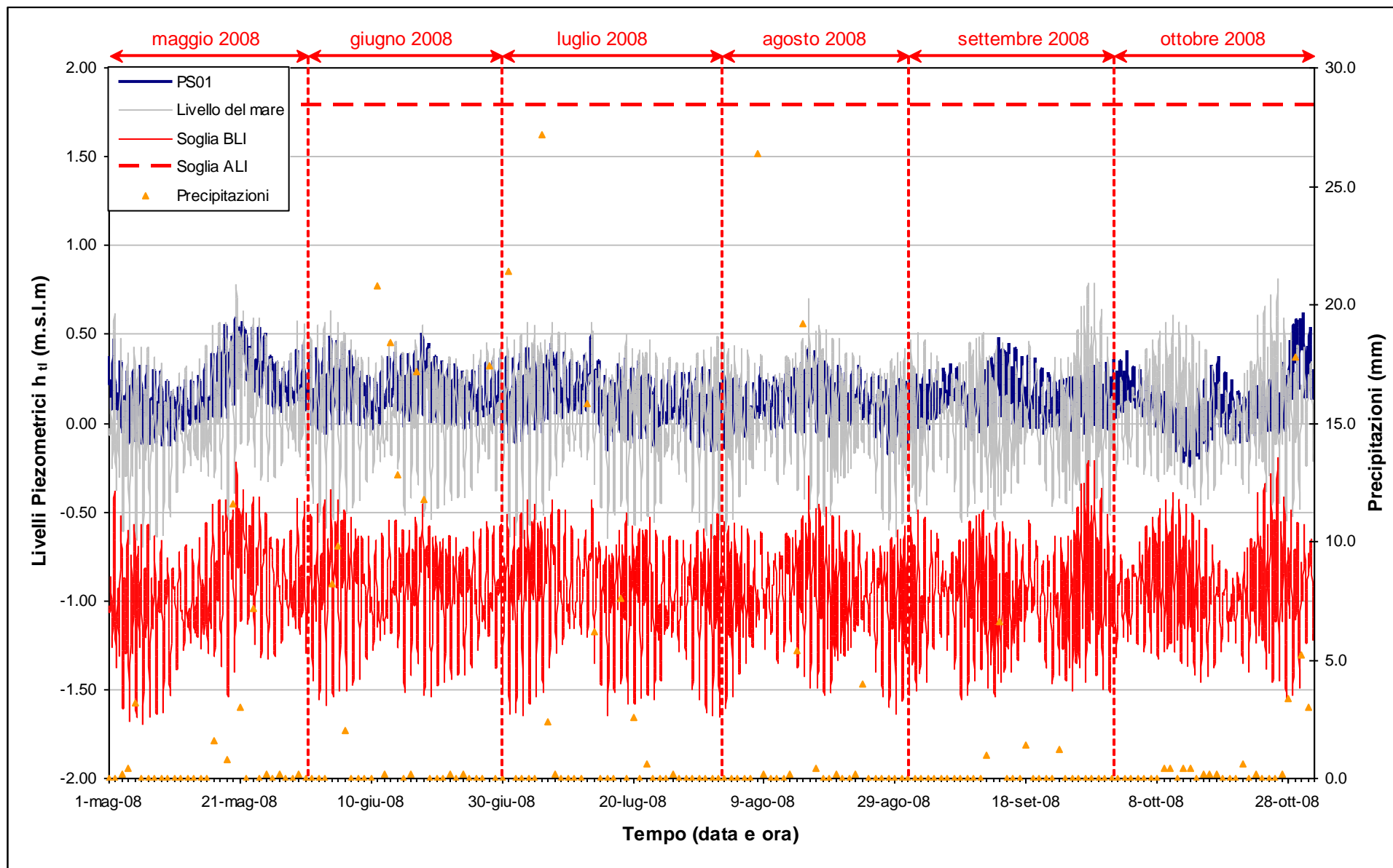


Fig. 2.11 - Livelli piezometrici (h_t) relativi al piezometro superficiale PS01 nel periodo di monitoraggio 01/05/2008 - 31/10/2008.

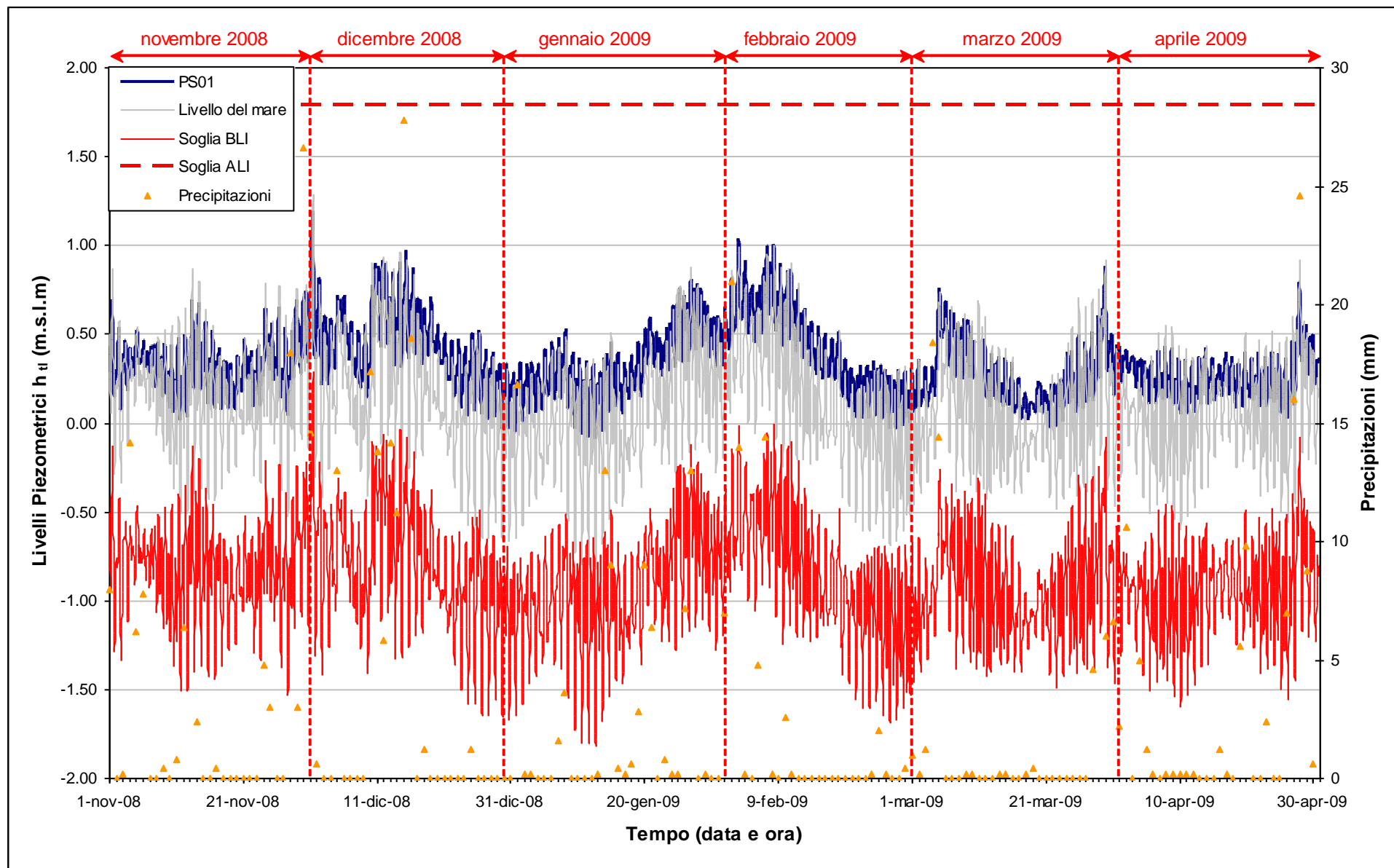


Fig. 2.12 - Livelli piezometrici (h_t) relativi al piezometro superficiale PS01 nel periodo di monitoraggio 01/11/2008 - 30/04/2009.

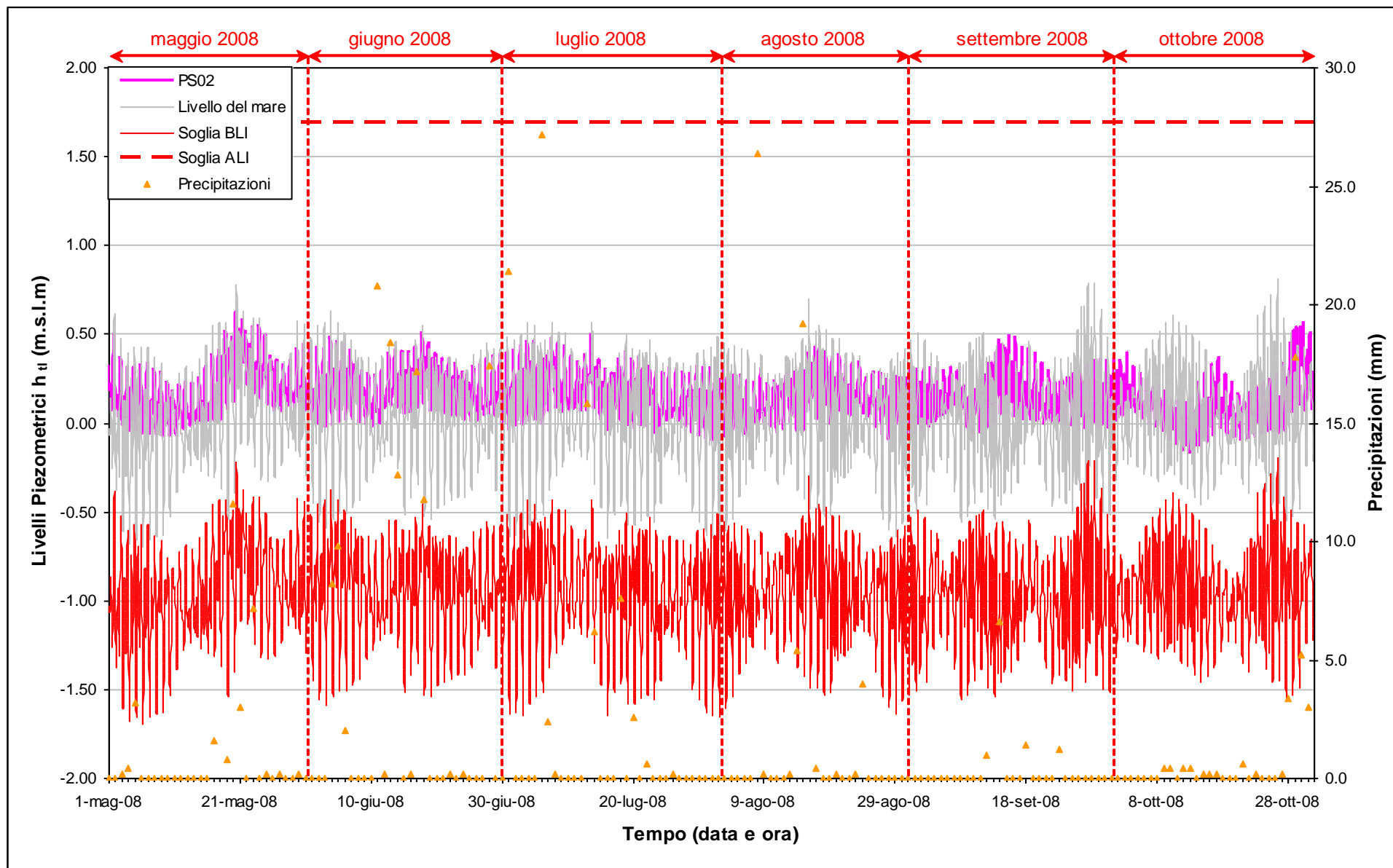


Fig. 2.13 - Livelli piezometrici (h_t) relativi al piezometro superficiale PS02 nel periodo di monitoraggio 01/05/2008 - 31/10/2008.

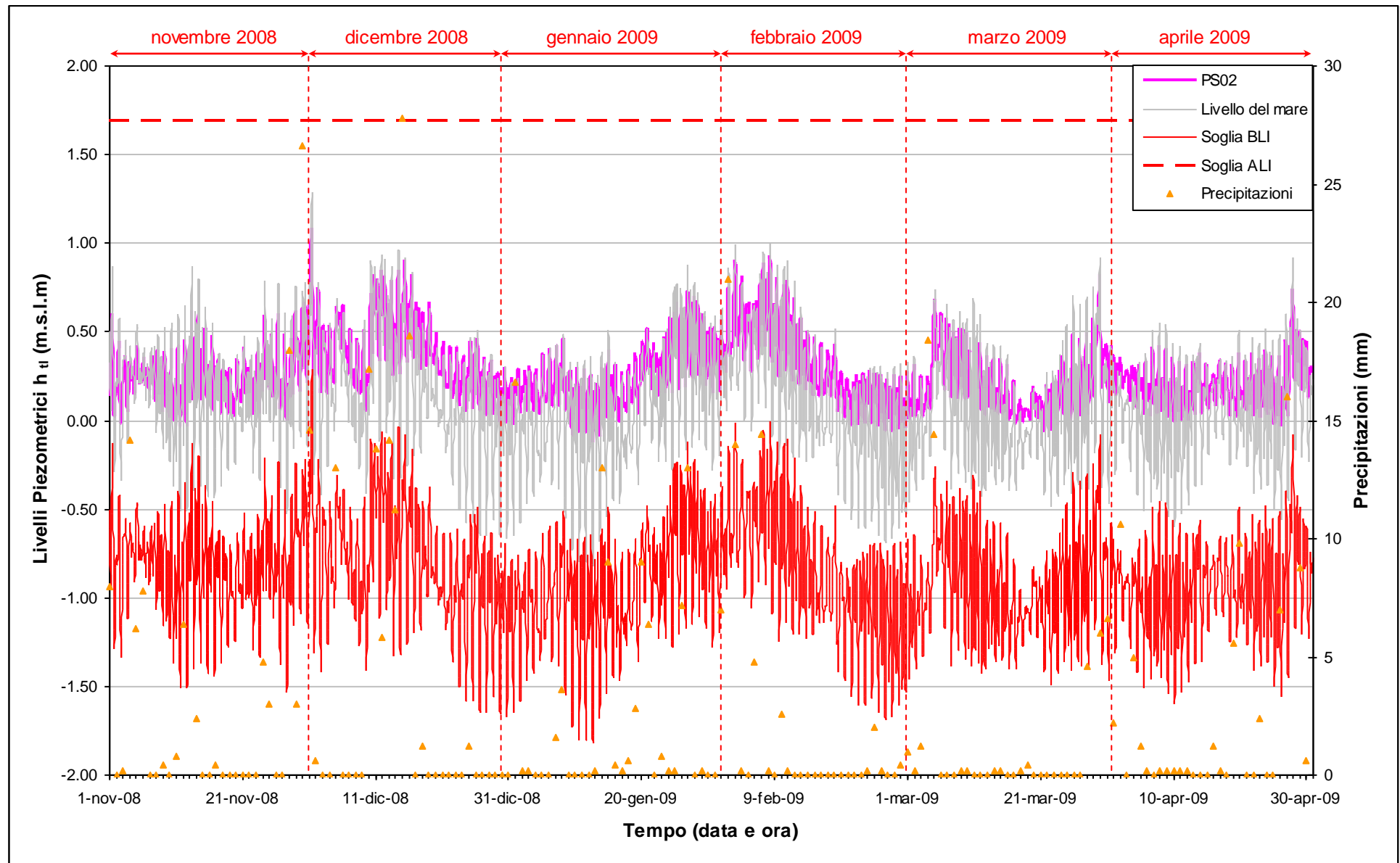


Fig. 2.14 - Livelli piezometrici (h_t) relativi al piezometro superficiale PS02 nel periodo di monitoraggio 01/11/2008 - 30/04/2009.

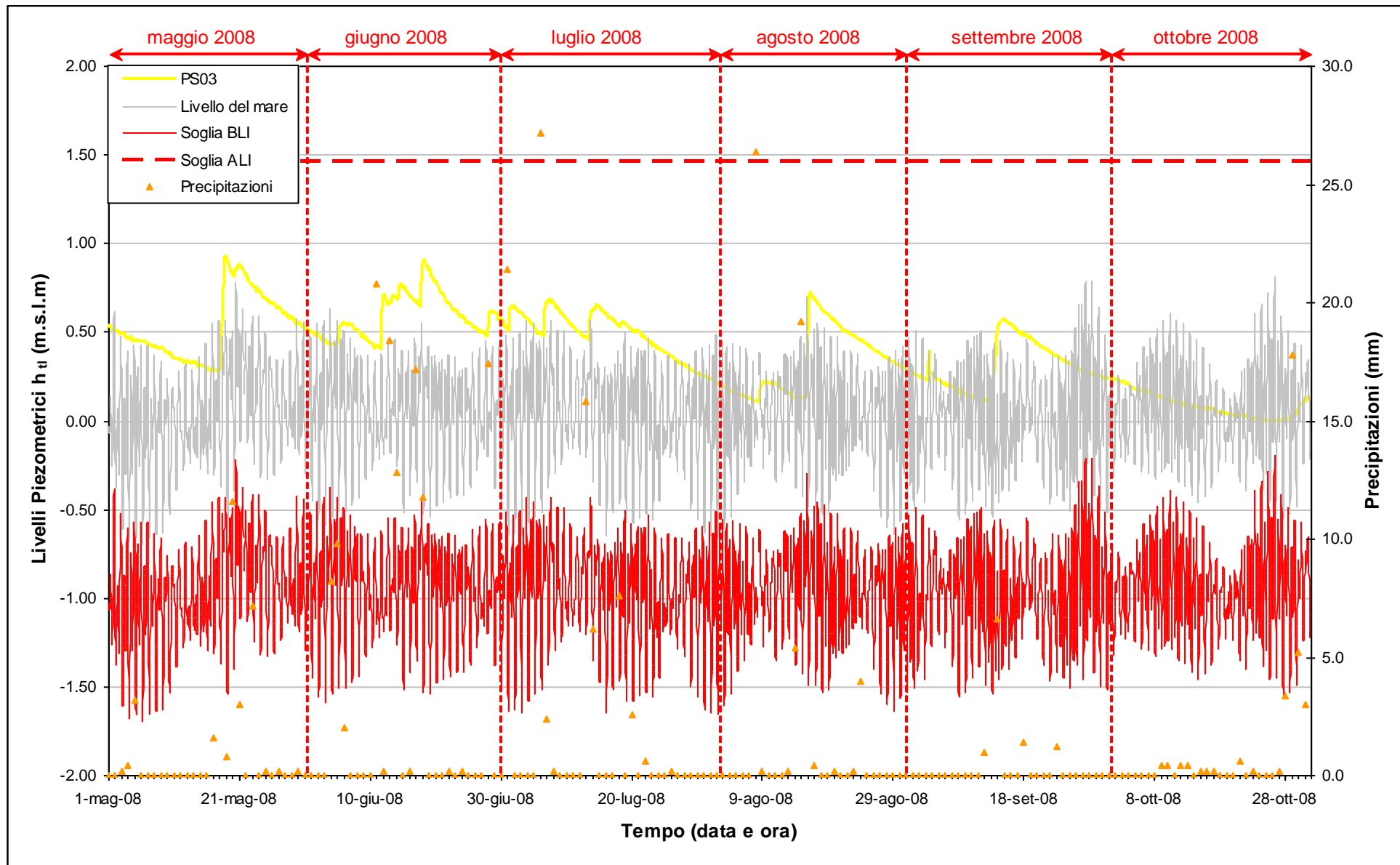


Fig. 2.15 – Livelli piezometrici (h_t) relativi al piezometro superficiale PS03 nel periodo di monitoraggio 01/05/2008 – 31/10/2008.

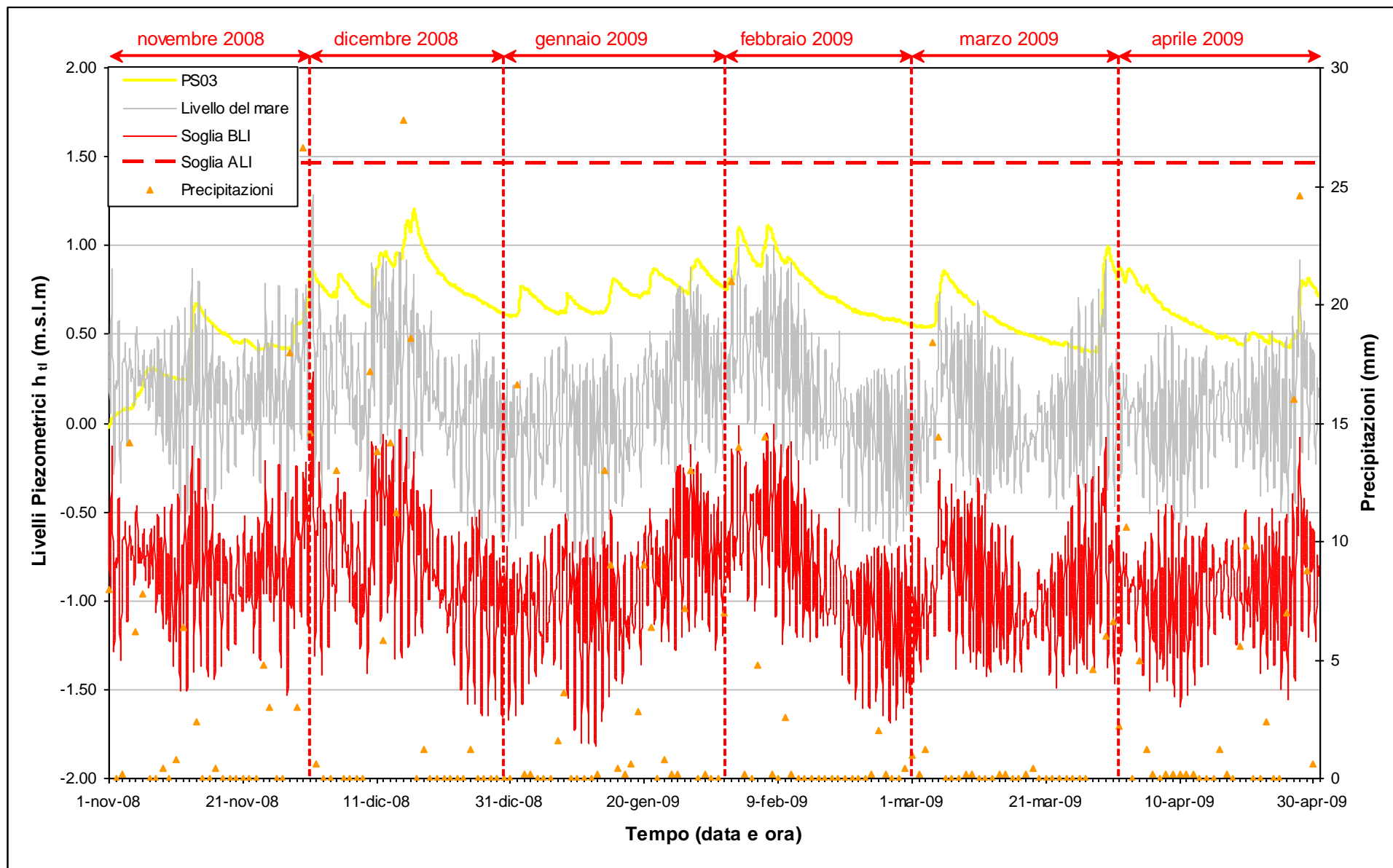


Fig. 2.16 - Livelli piezometrici (h_t) relativi al piezometro superficiale PS03 nel periodo di monitoraggio 01/11/2008 - 30/04/2009.

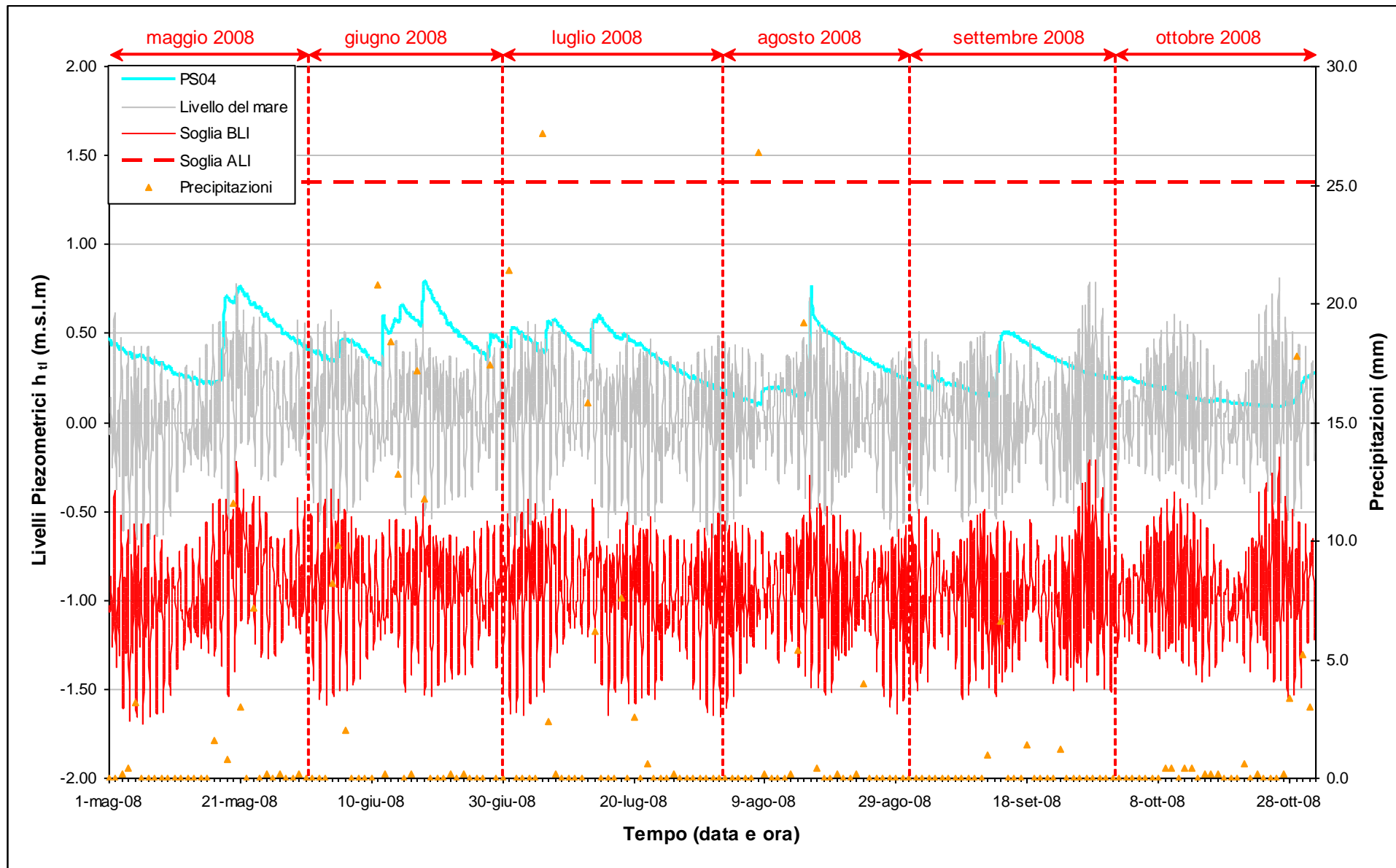


Fig. 2.17 - Livelli piezometrici (h_t) relativi al piezometro superficiale PS04 nel periodo di monitoraggio 01/05/2008 - 31/10/2008.

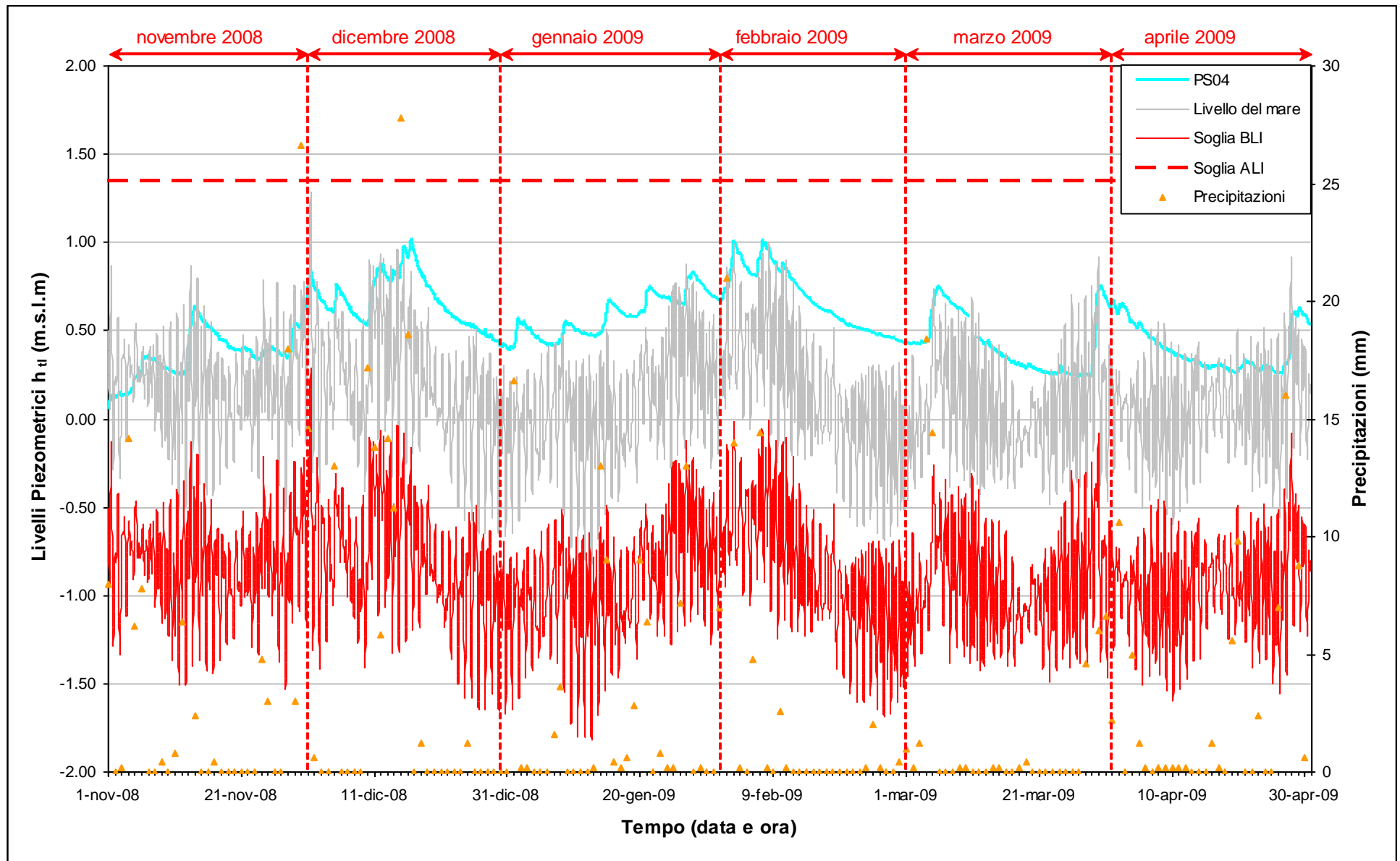


Fig. 2.18 - Livelli piezometrici (h_u) relativi al piezometro superficiale PS04 nel periodo di monitoraggio 01/11/2008- 30/04/2009.

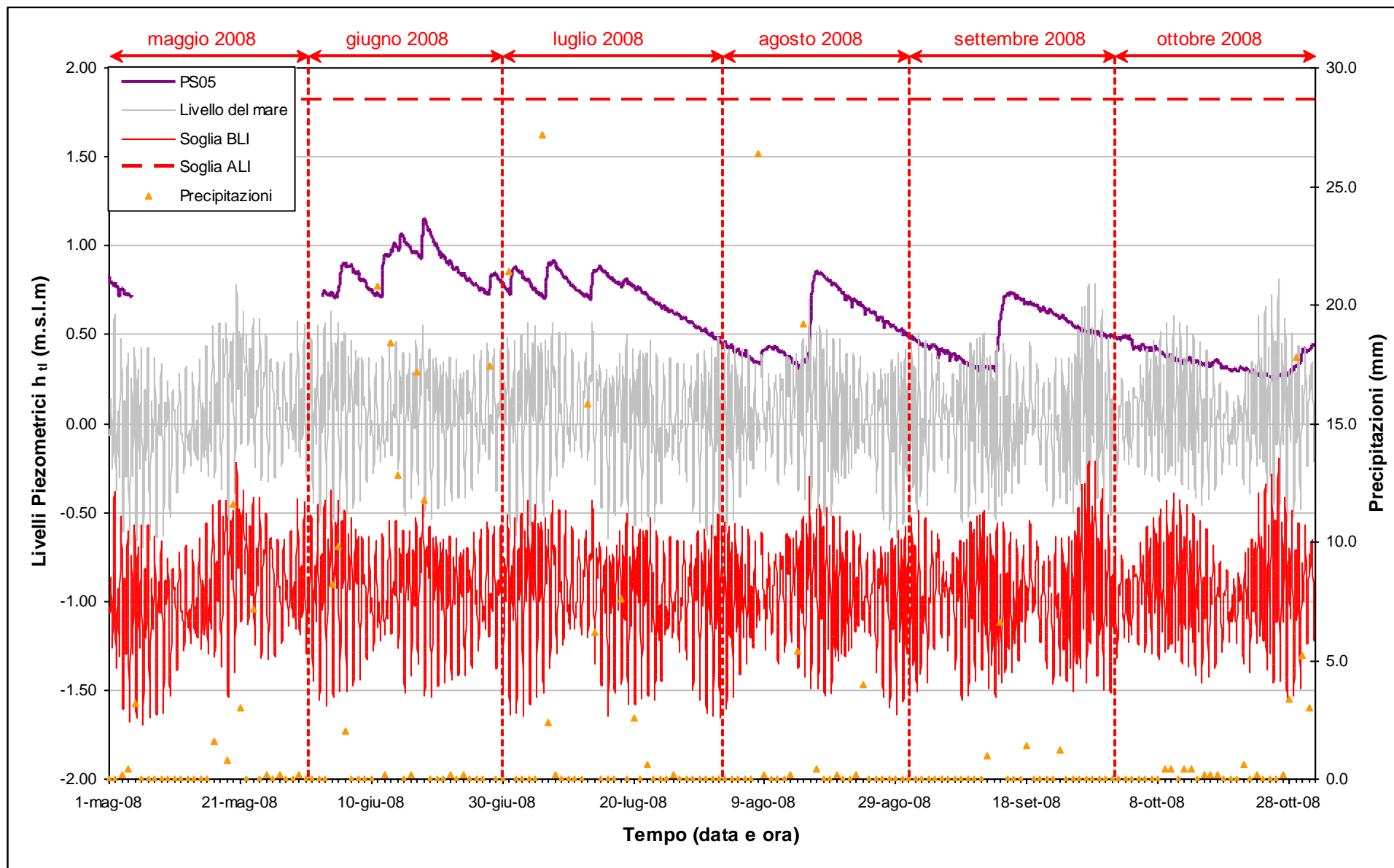


Fig. 2.19 – Livelli piezometrici (h_t) relativi al piezometro superficiale PS05 nel periodo di monitoraggio 01/05/2008 – 31/10/2008.

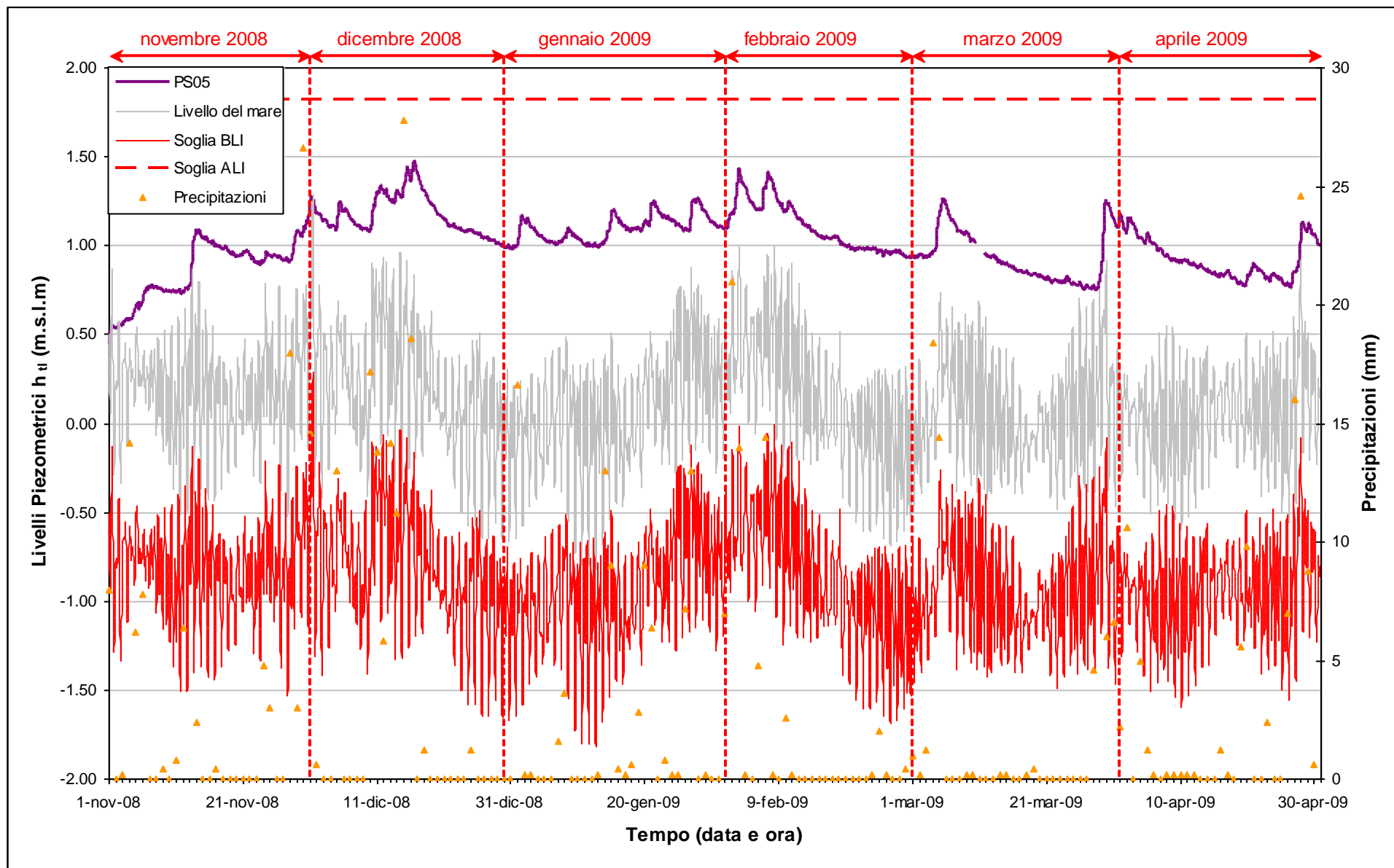


Fig. 2.20 - Livelli piezometrici (h_t) relativi al piezometro superficiale PS05 nel periodo di monitoraggio 01/11/2008 - 30/04/2009.

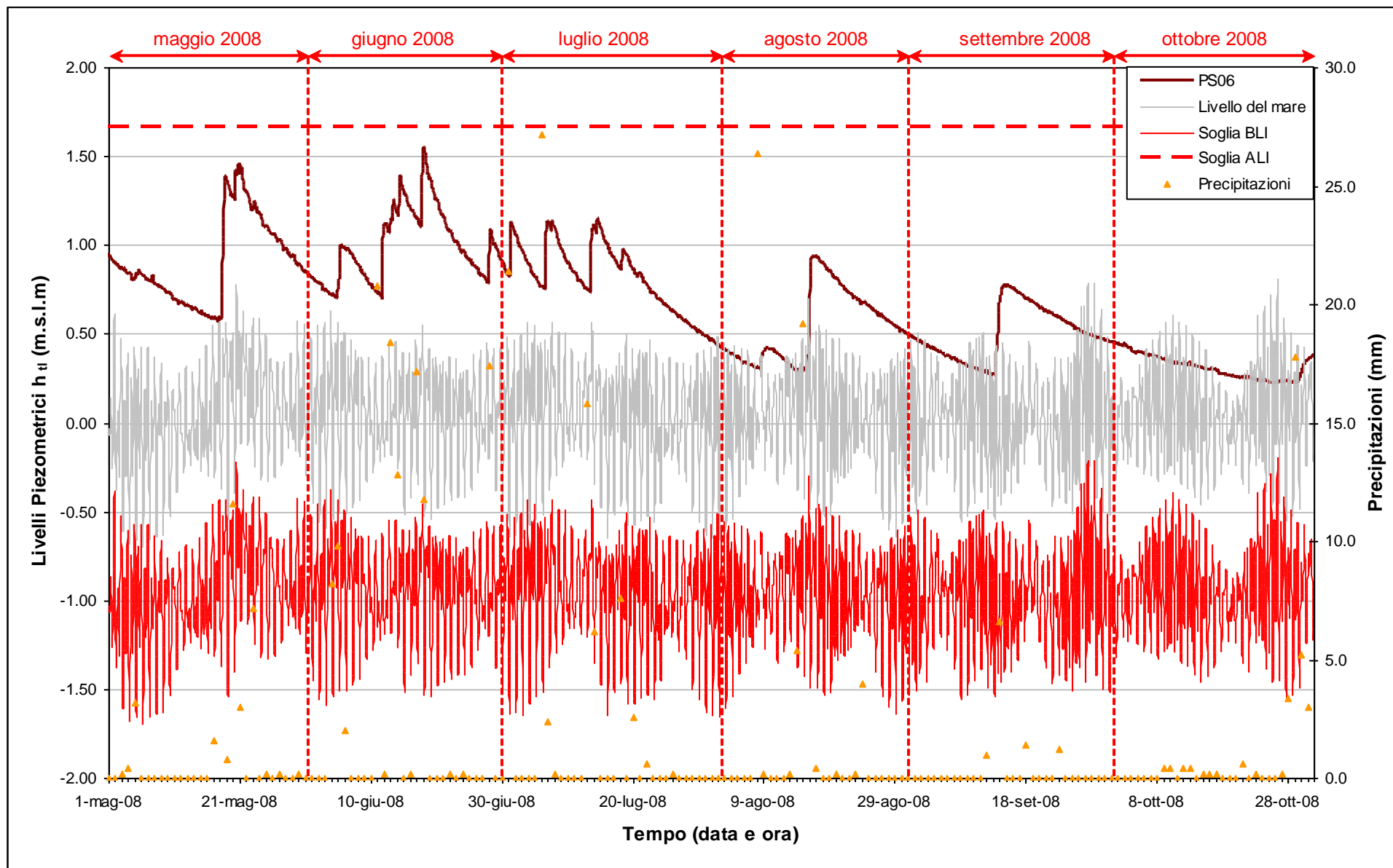


Fig. 2.21 - Livelli piezometrici (h_t) relativi al piezometro superficiale PS06 nel periodo di monitoraggio 01/05/2008 - 31/10/2008.

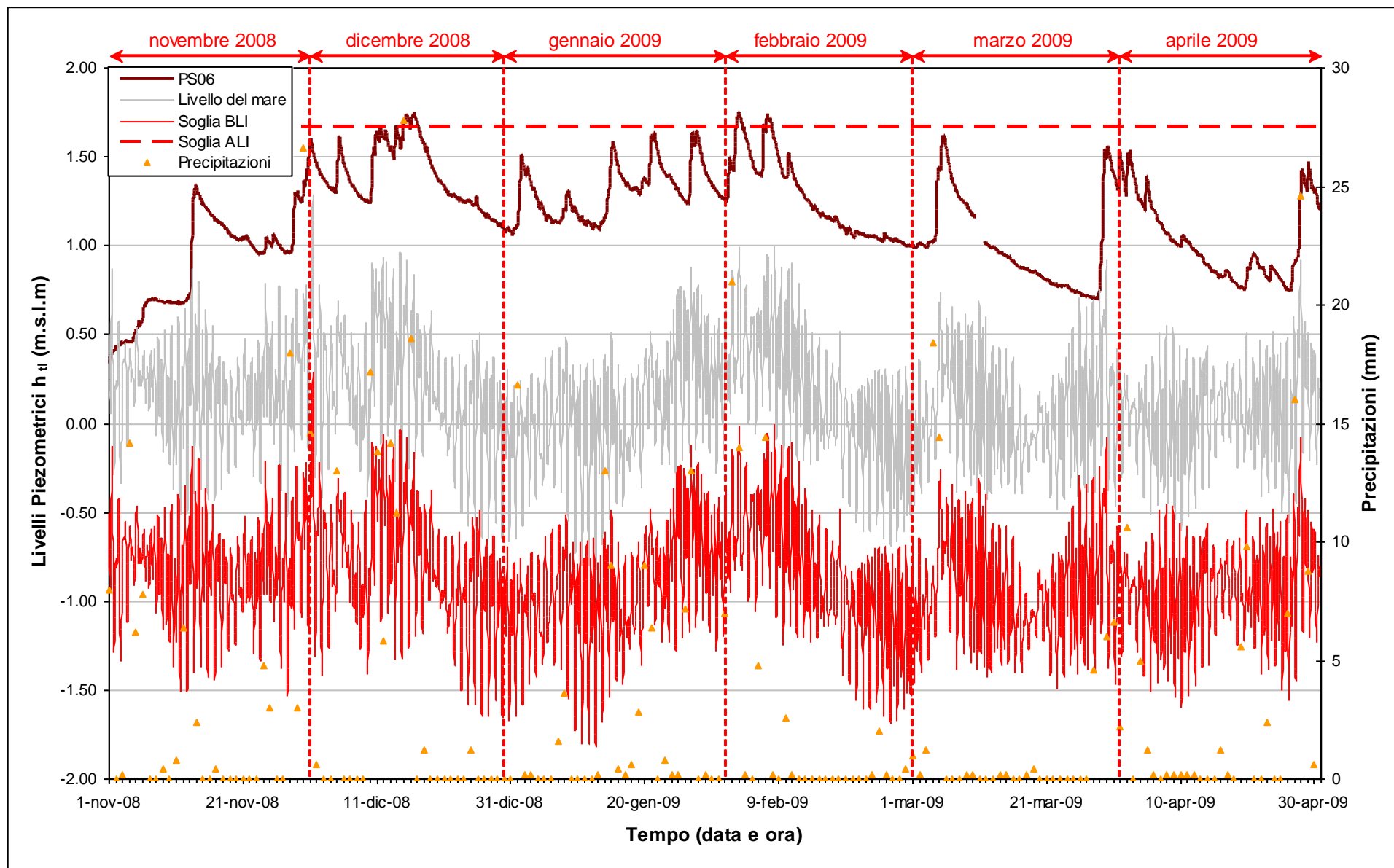


Fig. 2.22 - Livelli piezometrici (h_t) relativi al piezometro superficiale PS06 nel periodo di monitoraggio 01/11/2008 - 30/04/2009.

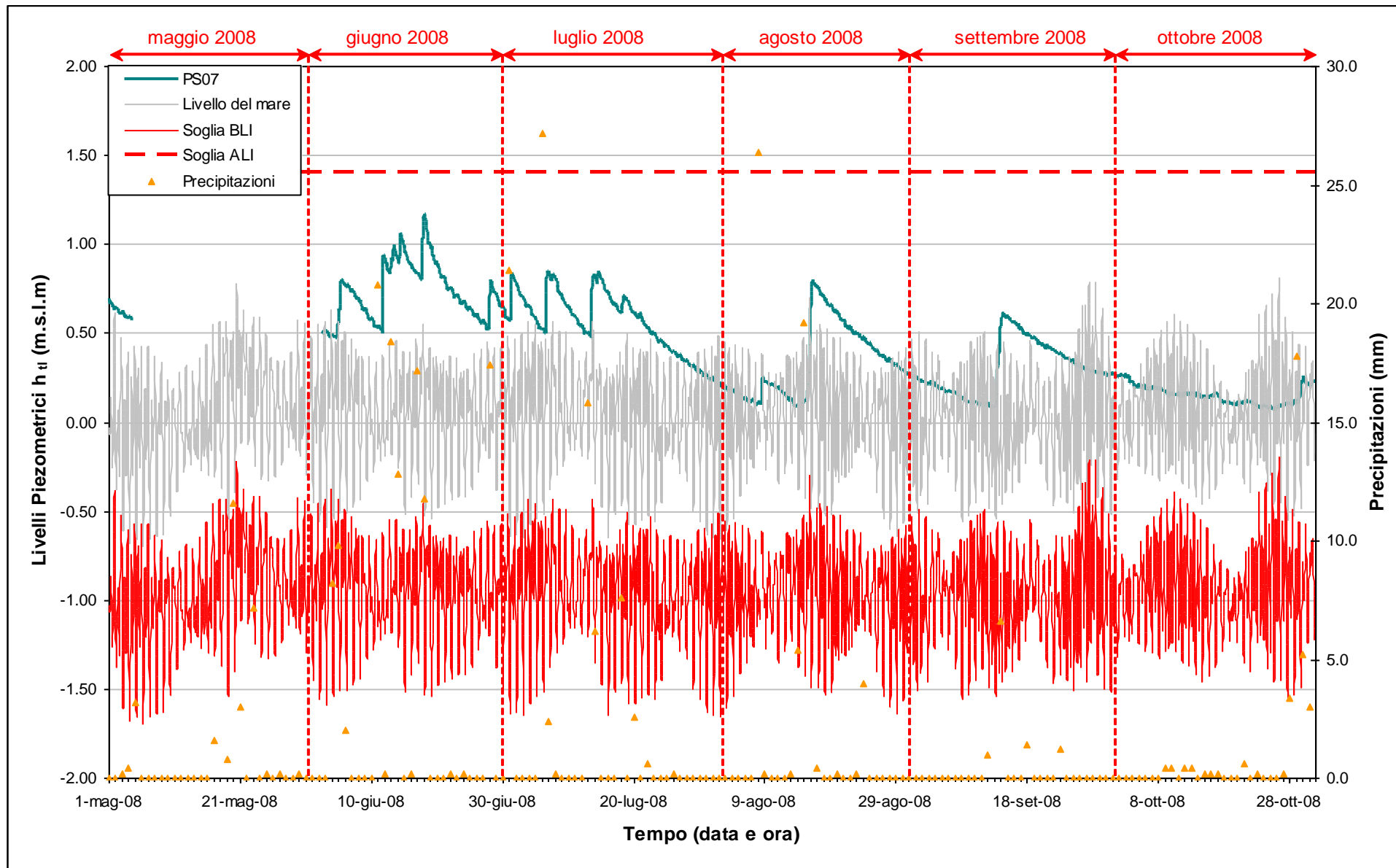


Fig. 2.23 - Livelli piezometrici (h_t) relativi al piezometro superficiale PS07 nel periodo di monitoraggio 01/05/2008 - 31/10/2008.

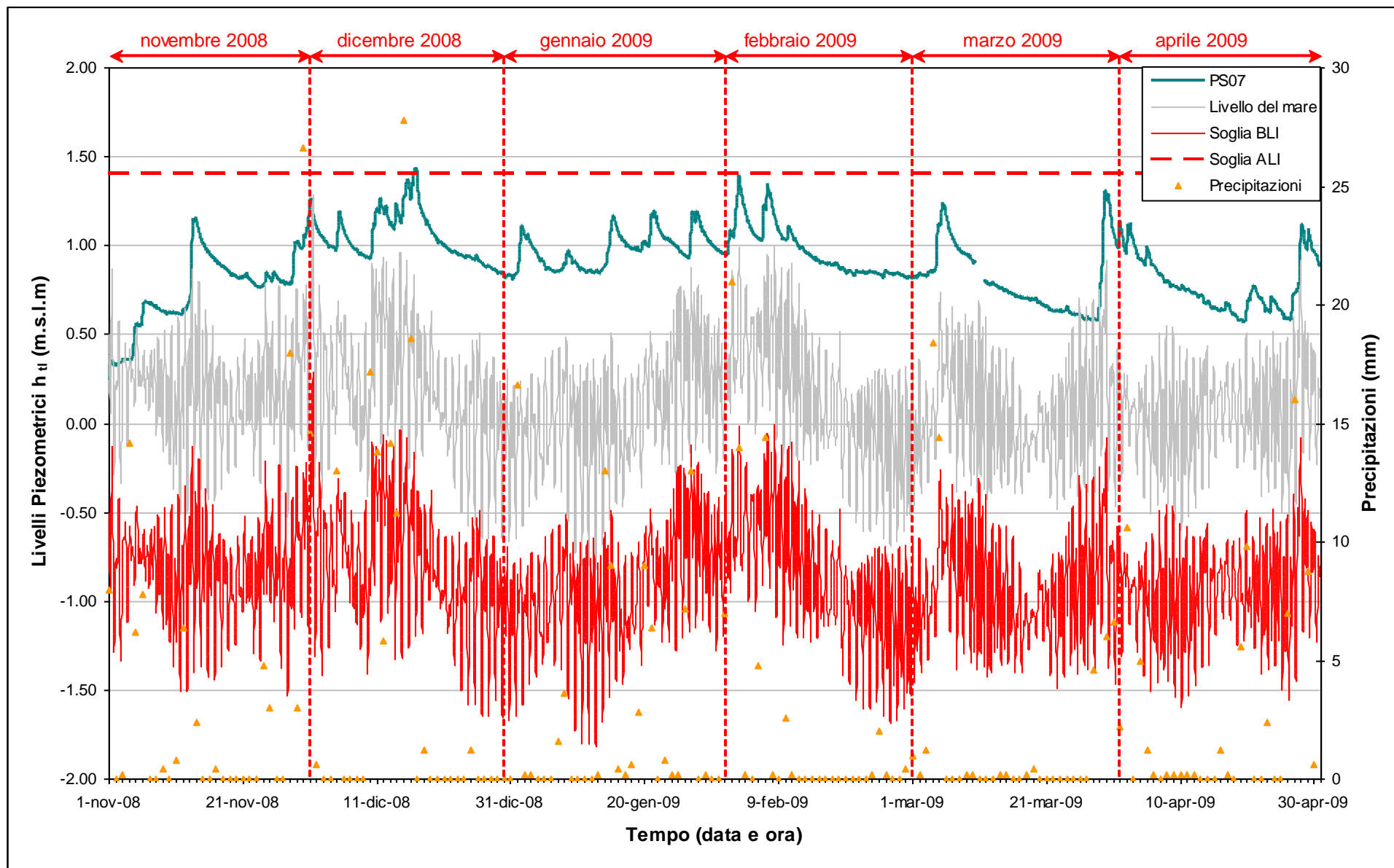


Fig. 2.24 - Livelli piezometrici (h_t) relativi al piezometro superficiale PS07 nel periodo di monitoraggio 01/11/2008 - 30/04/2009.

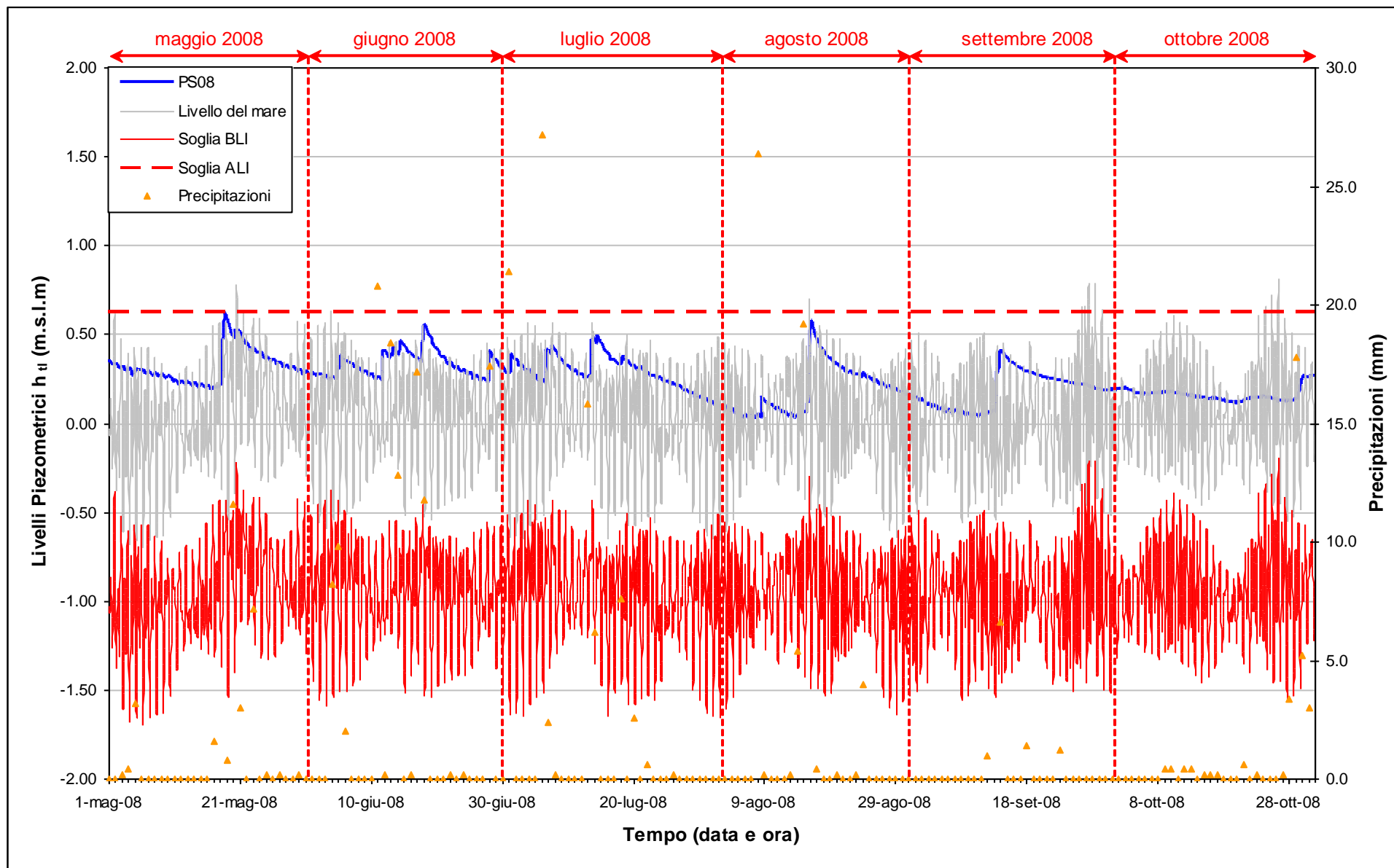


Fig. 2.25 - Livelli piezometrici (h_t) relativi al piezometro superficiale PS08 nel periodo di monitoraggio 01/05/2008 - 31/10/2008.

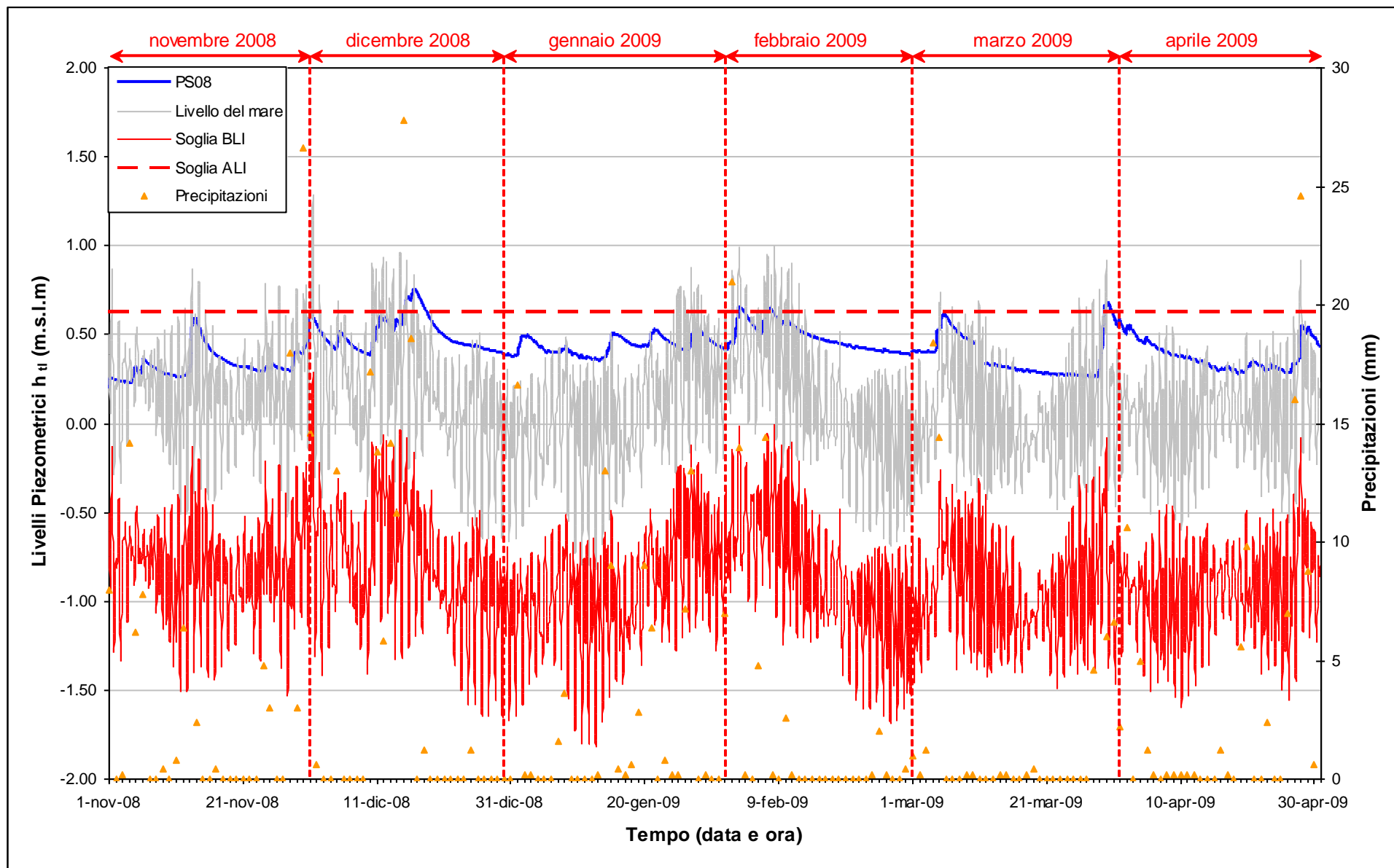


Fig. 2.26 - Livelli piezometrici (h_t) relativi al piezometro superficiale PS08 nel periodo di monitoraggio 01/11/2008 - 30/04/2009.

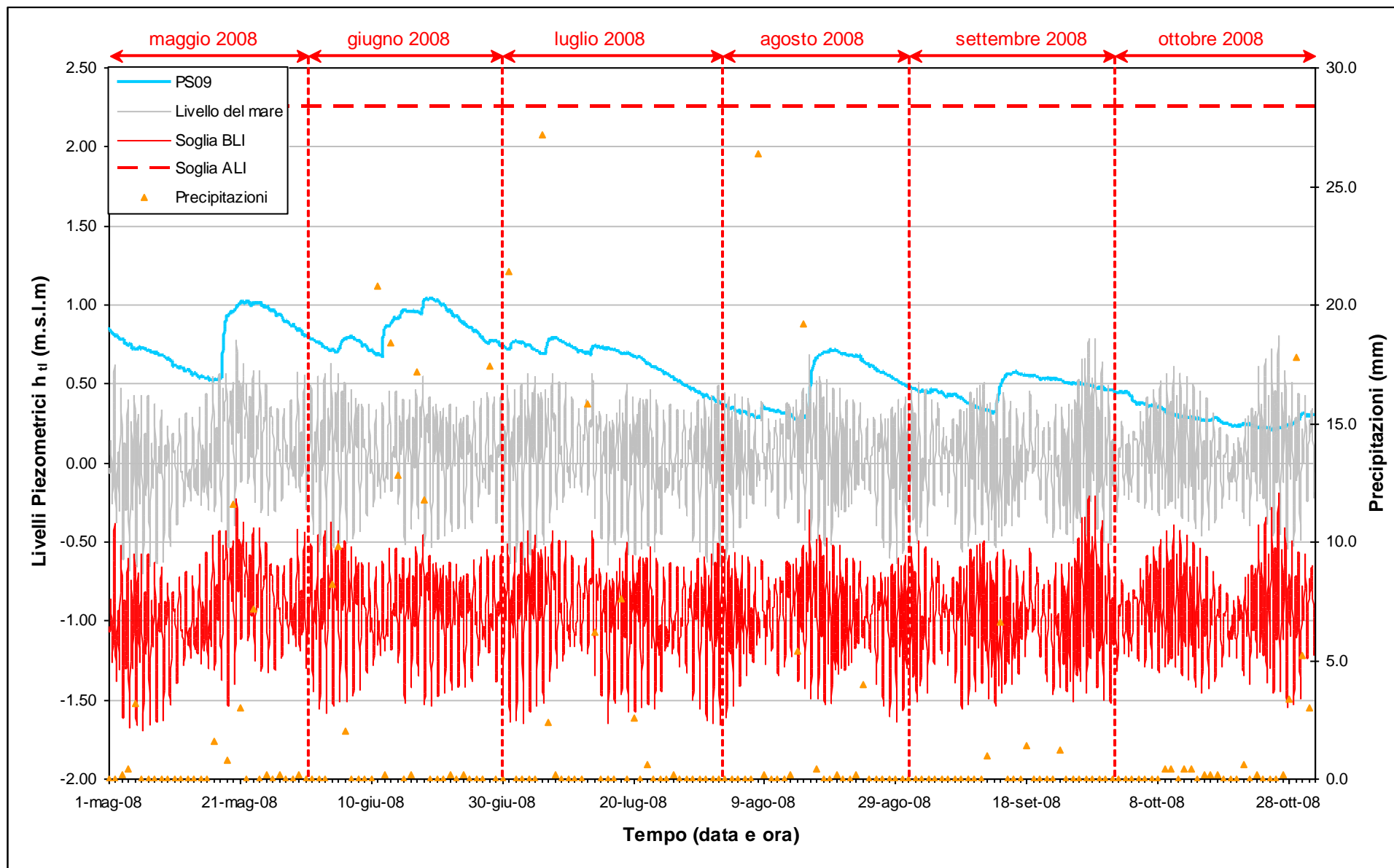


Fig. 2.27 - Livelli piezometrici (h_t) relativi al piezometro superficiale PS09 nel periodo di monitoraggio 01/05/2008 - 31/10/2008.

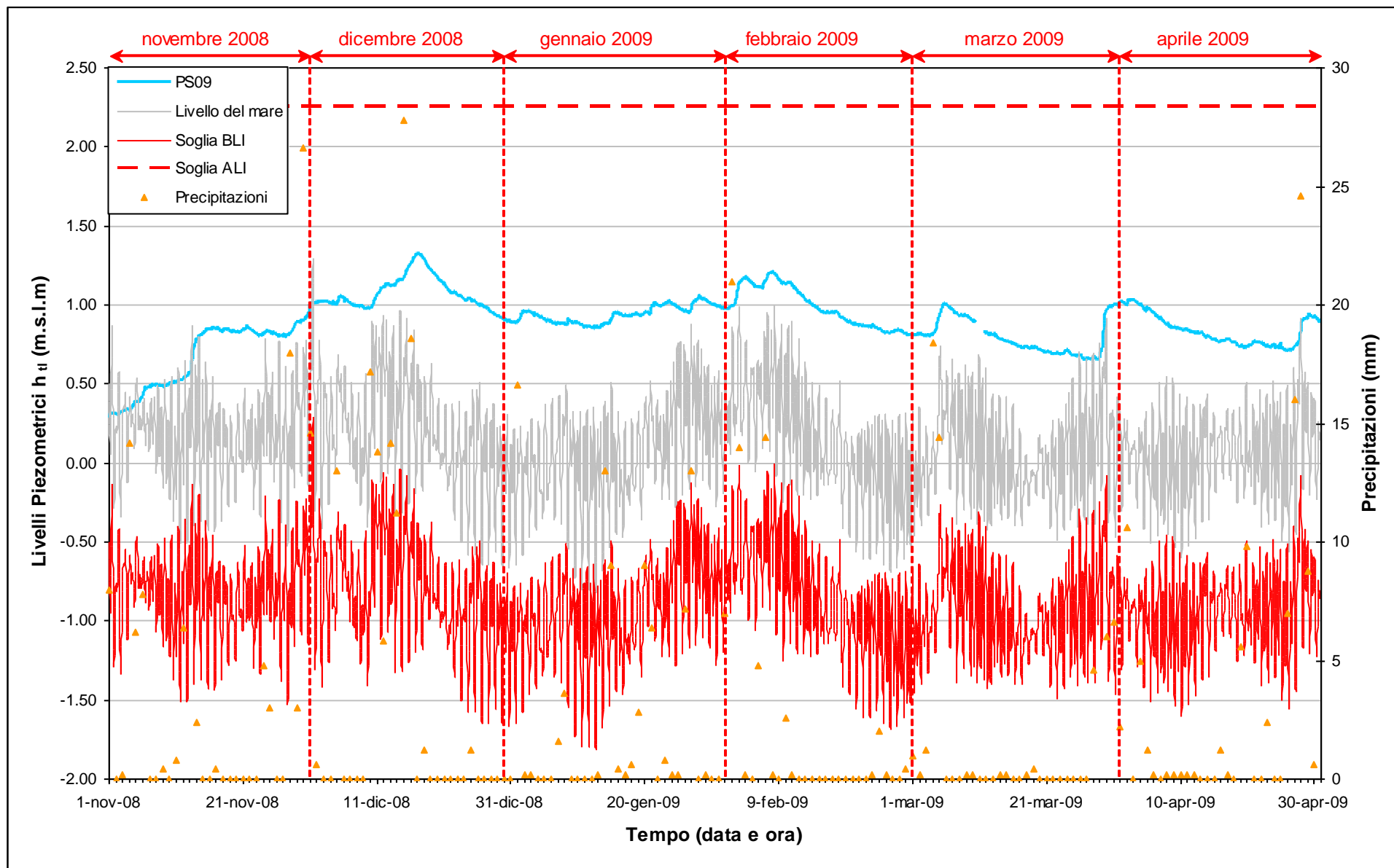


Fig. 2.28 - Livelli piezometrici (h_u) relativi al piezometro superficiale PS09 nel periodo di monitoraggio 01/11/2008- 30/04/2009.

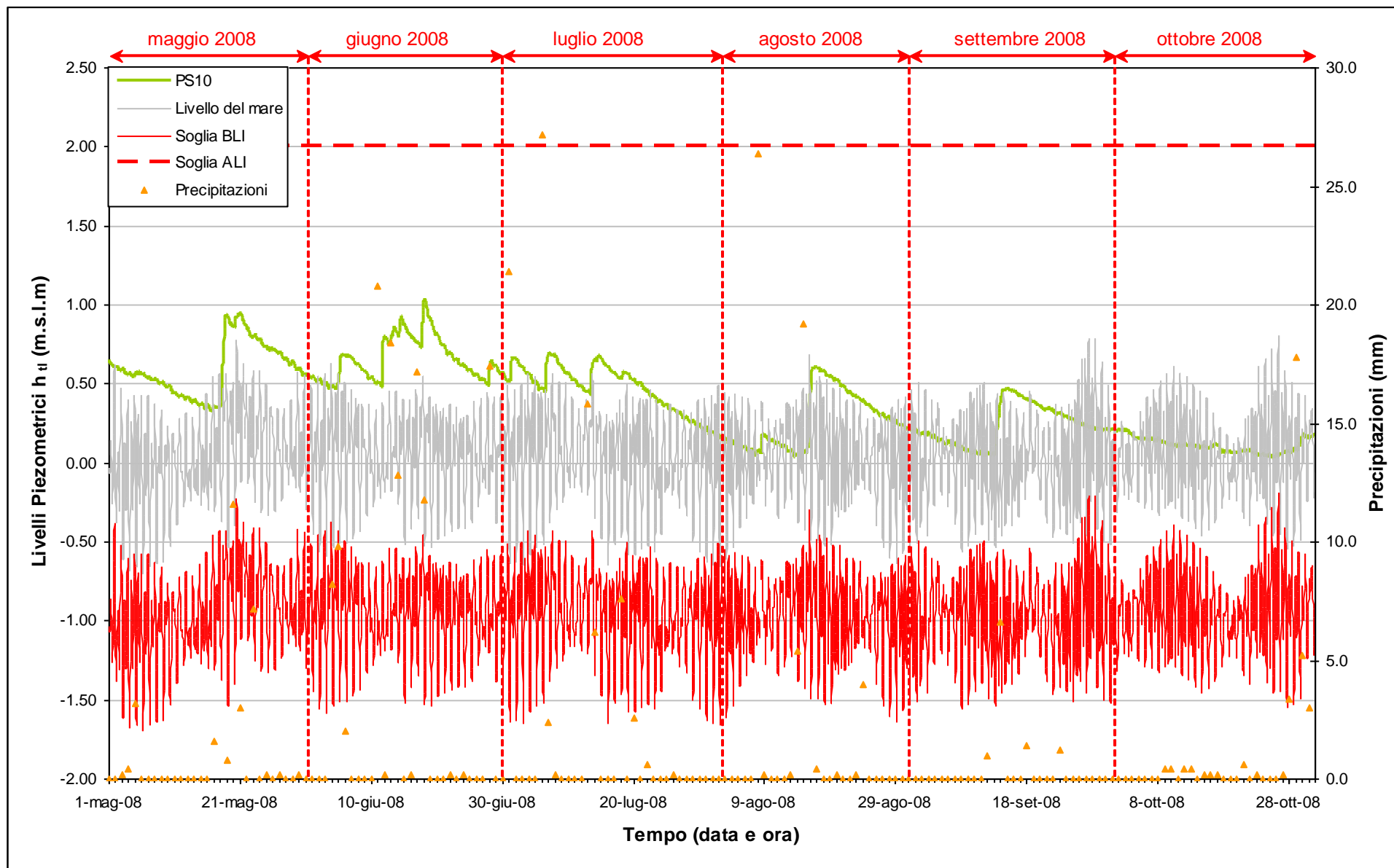


Fig. 2.29 - Livelli piezometrici (h_t) relativi al piezometro superficiale PS10 nel periodo di monitoraggio 01/05/2008 - 31/10/2008.

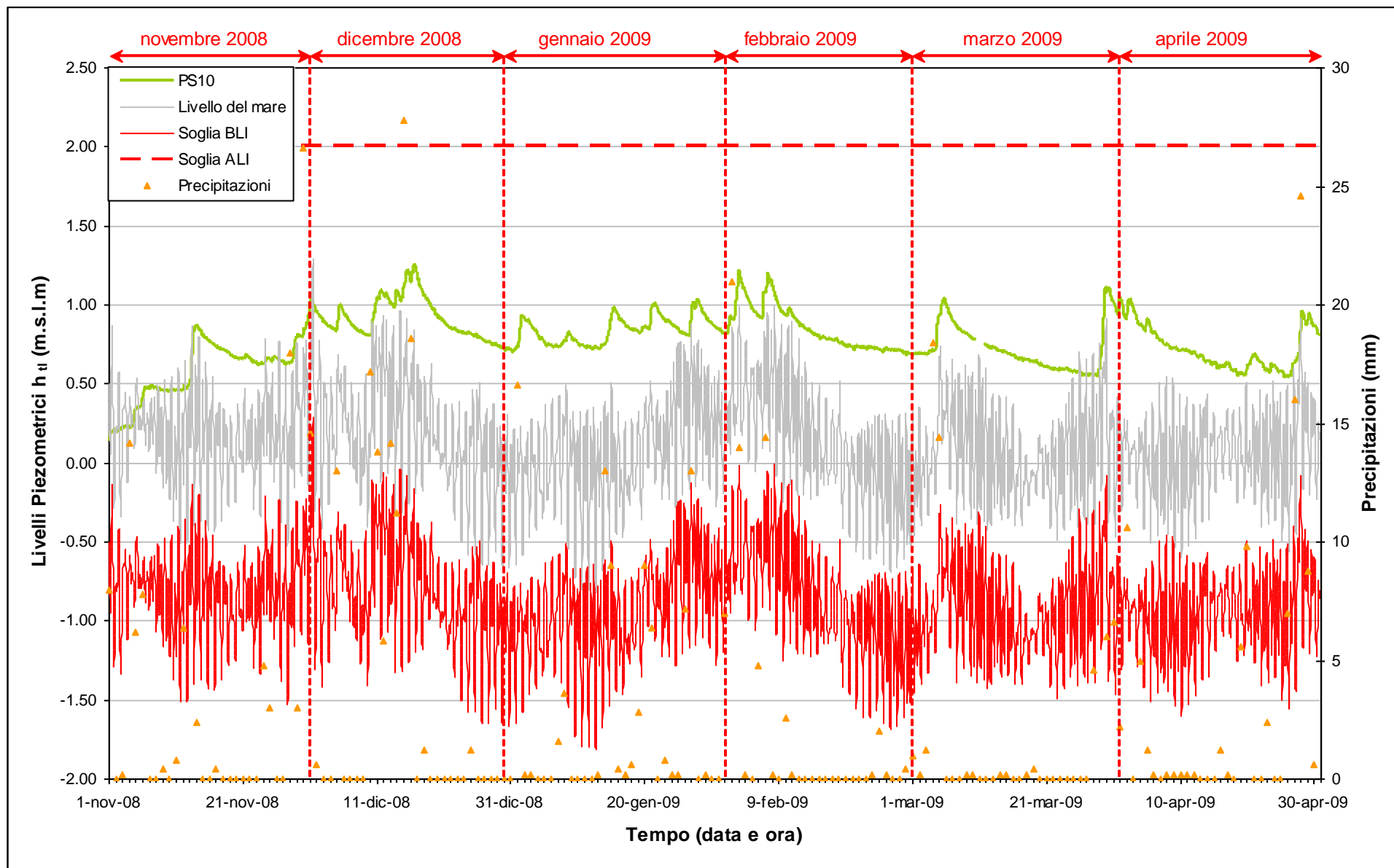


Fig. 2.30 – Livelli piezometrici (h_t) relativi al piezometro superficiale PS10 nel periodo di monitoraggio 01/11/2008 – 30/04/2009.

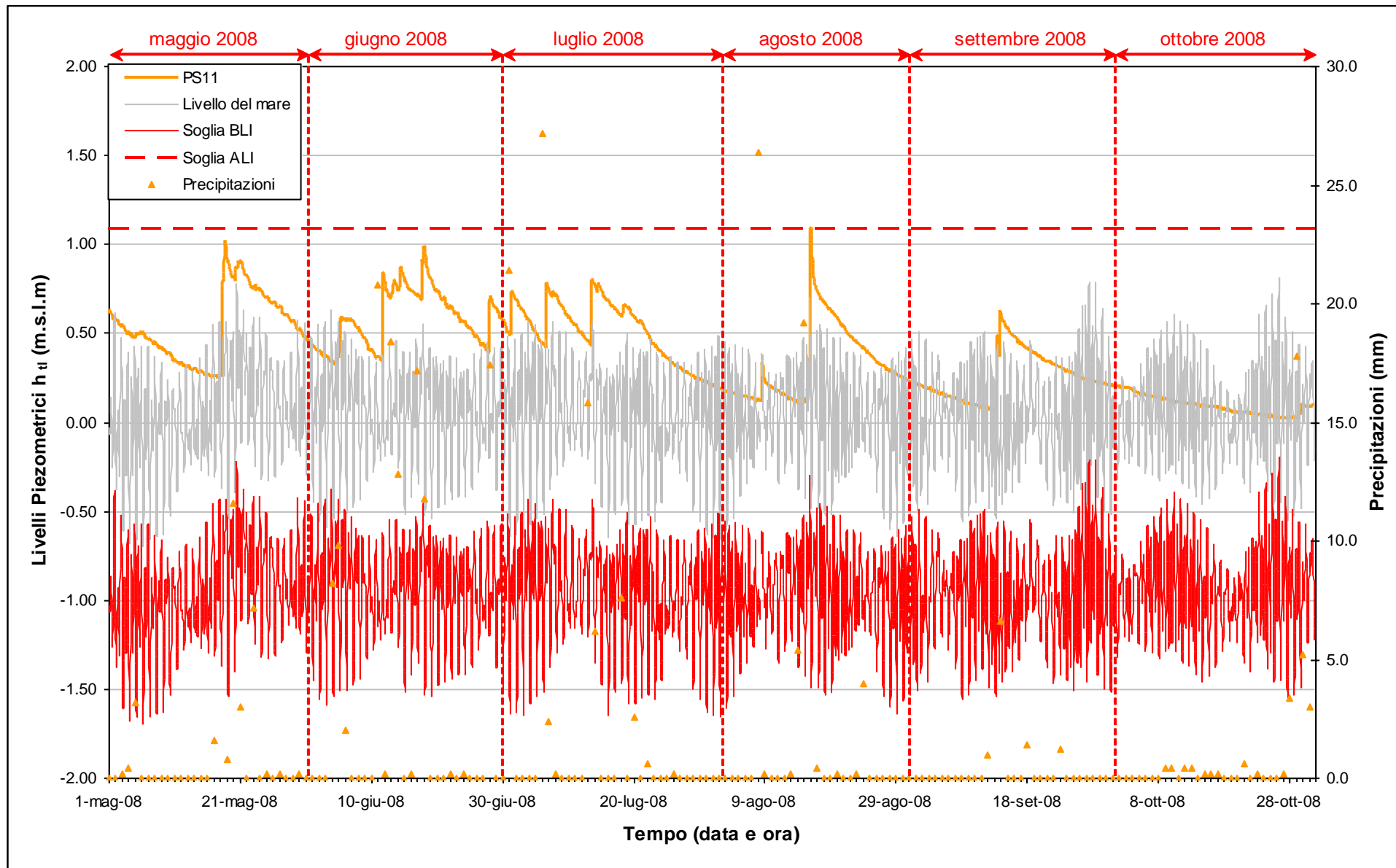


Fig. 2.31 – Livelli piezometrici (h_t) relativi al piezometro superficiale PS11 nel periodo di monitoraggio 01/05/2008 – 31/10/2008.

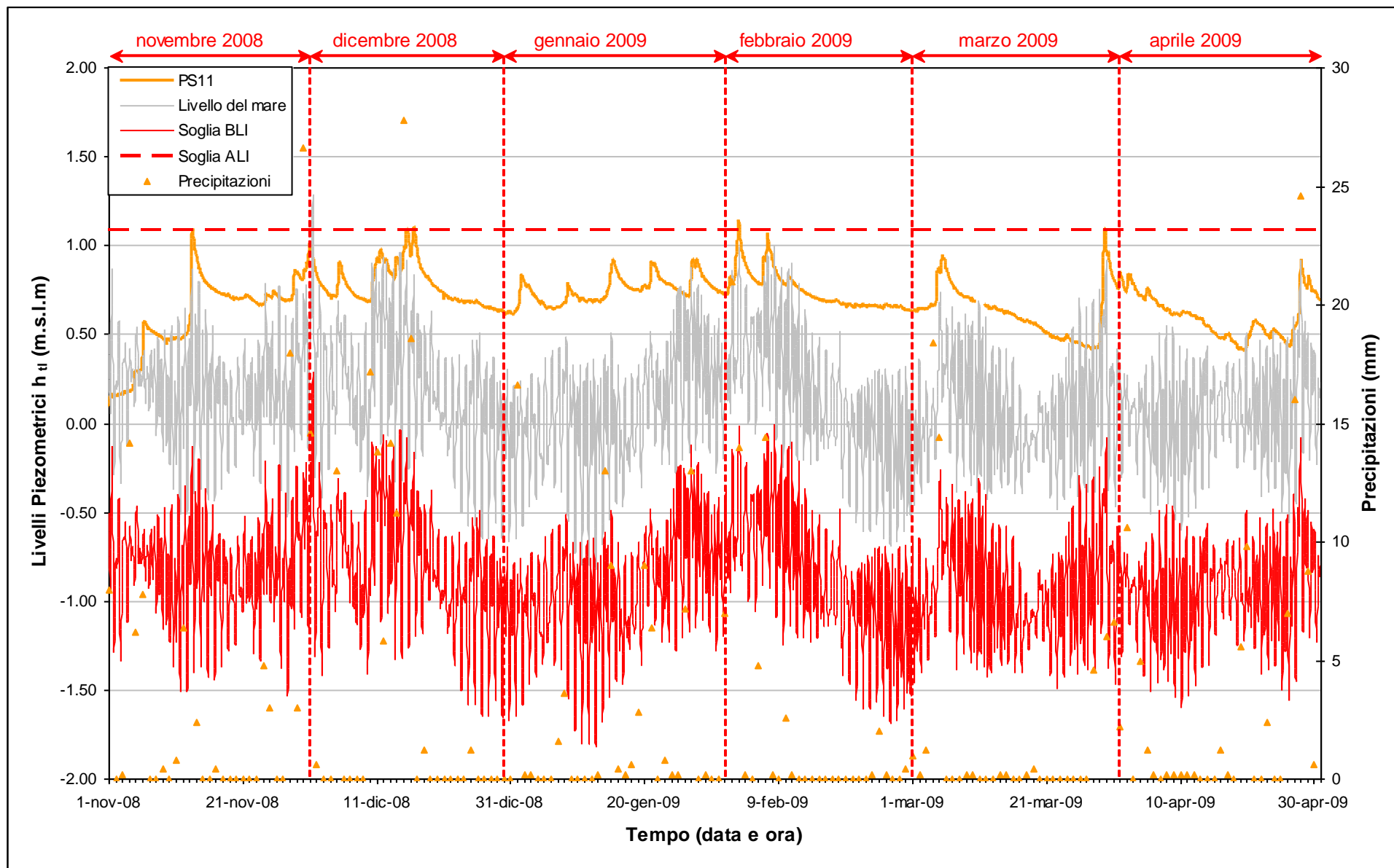


Fig. 2.32 – Livelli piezometrici (h_t) relativi al piezometro superficiale PS11 nel periodo di monitoraggio 01/11/2008 – 30/04/2009.

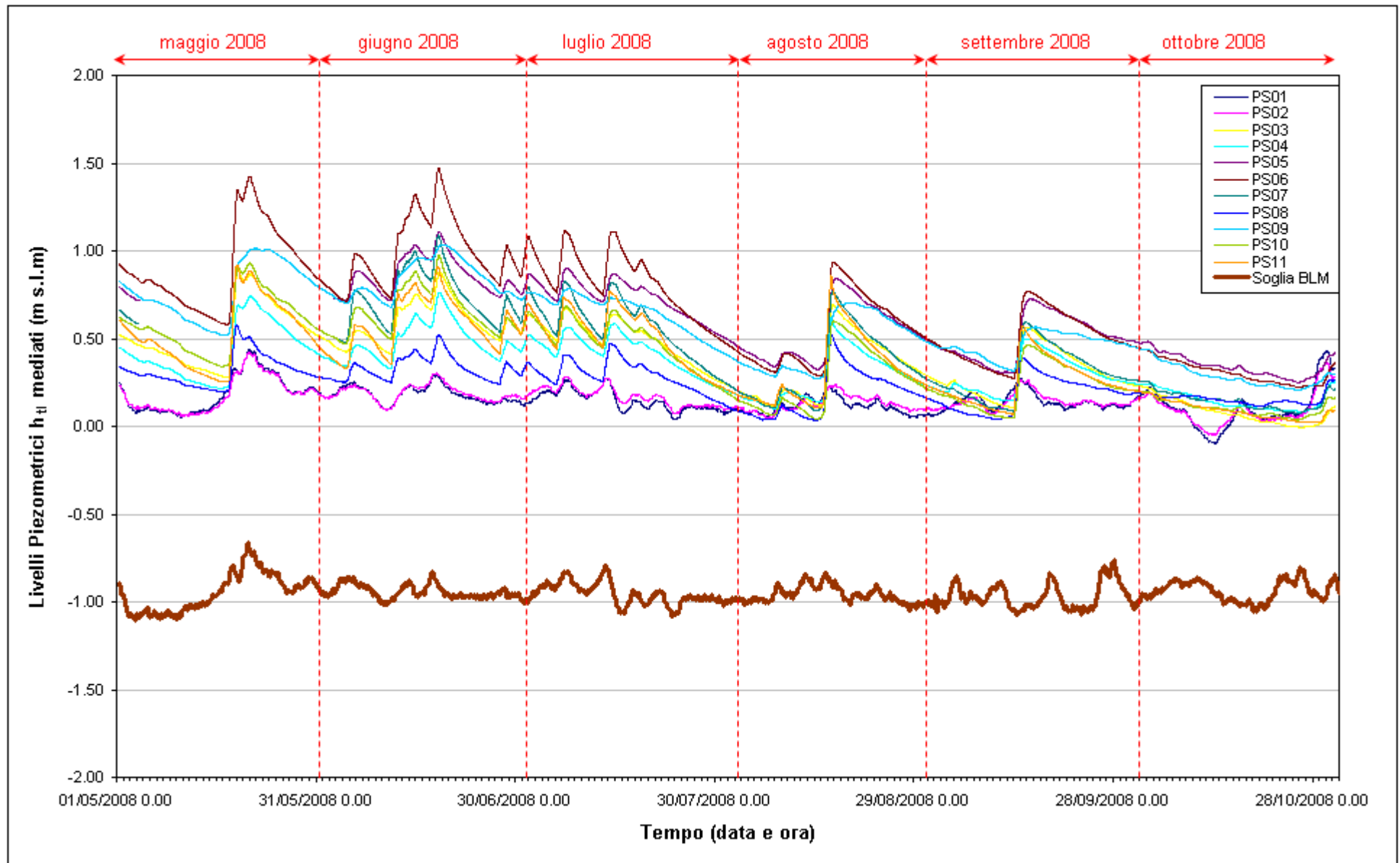


Fig. 2.33 - Soglia di Basso Livello Medio nei piezometri superficiali nel periodo di monitoraggio 01/05/2008 - 31/10/2008.

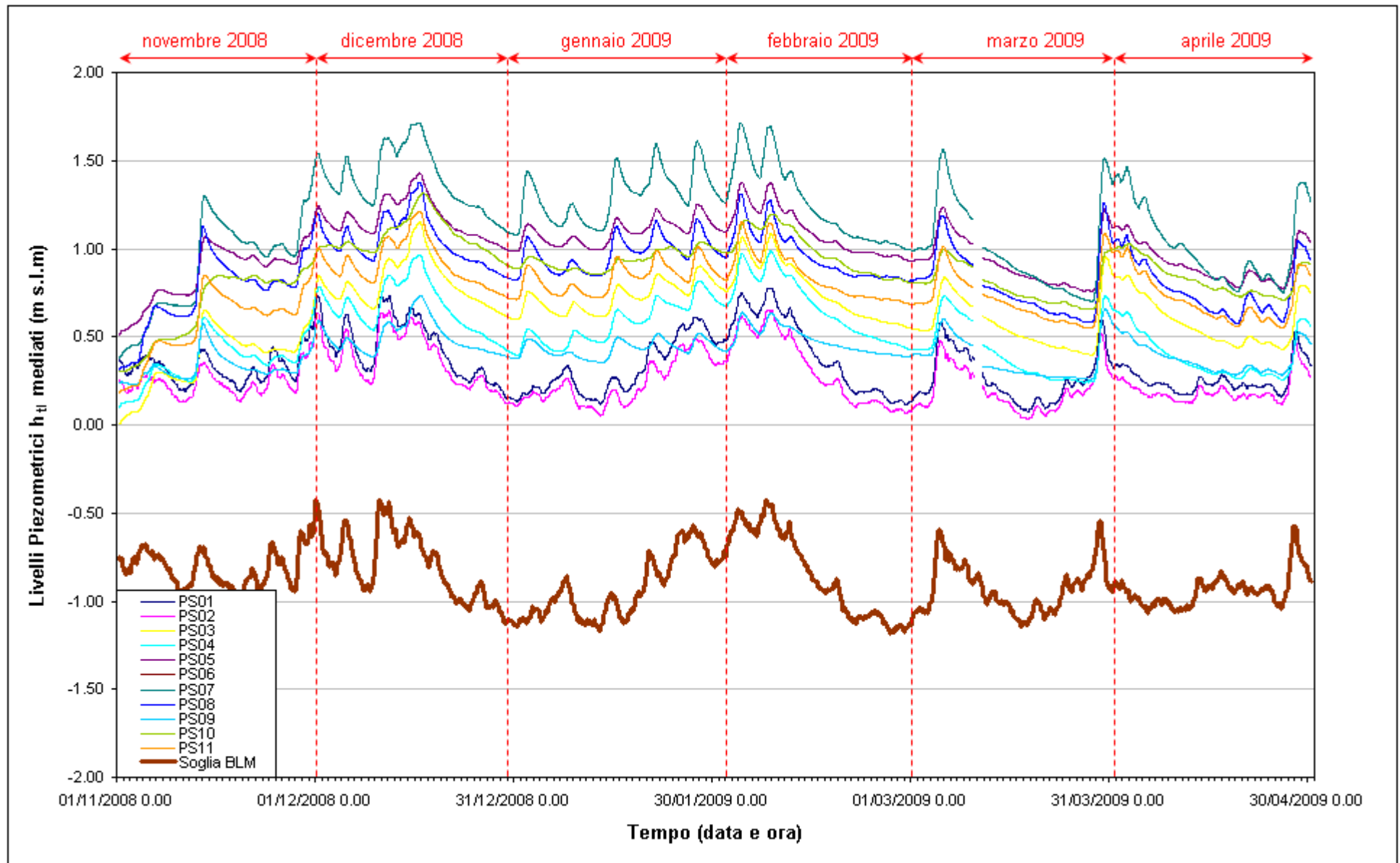


Fig. 2.34 - Soglia di Basso Livello Medio nei piezometri superficiali nel periodo di monitoraggio 01/11/2008 - 30/04/2008.

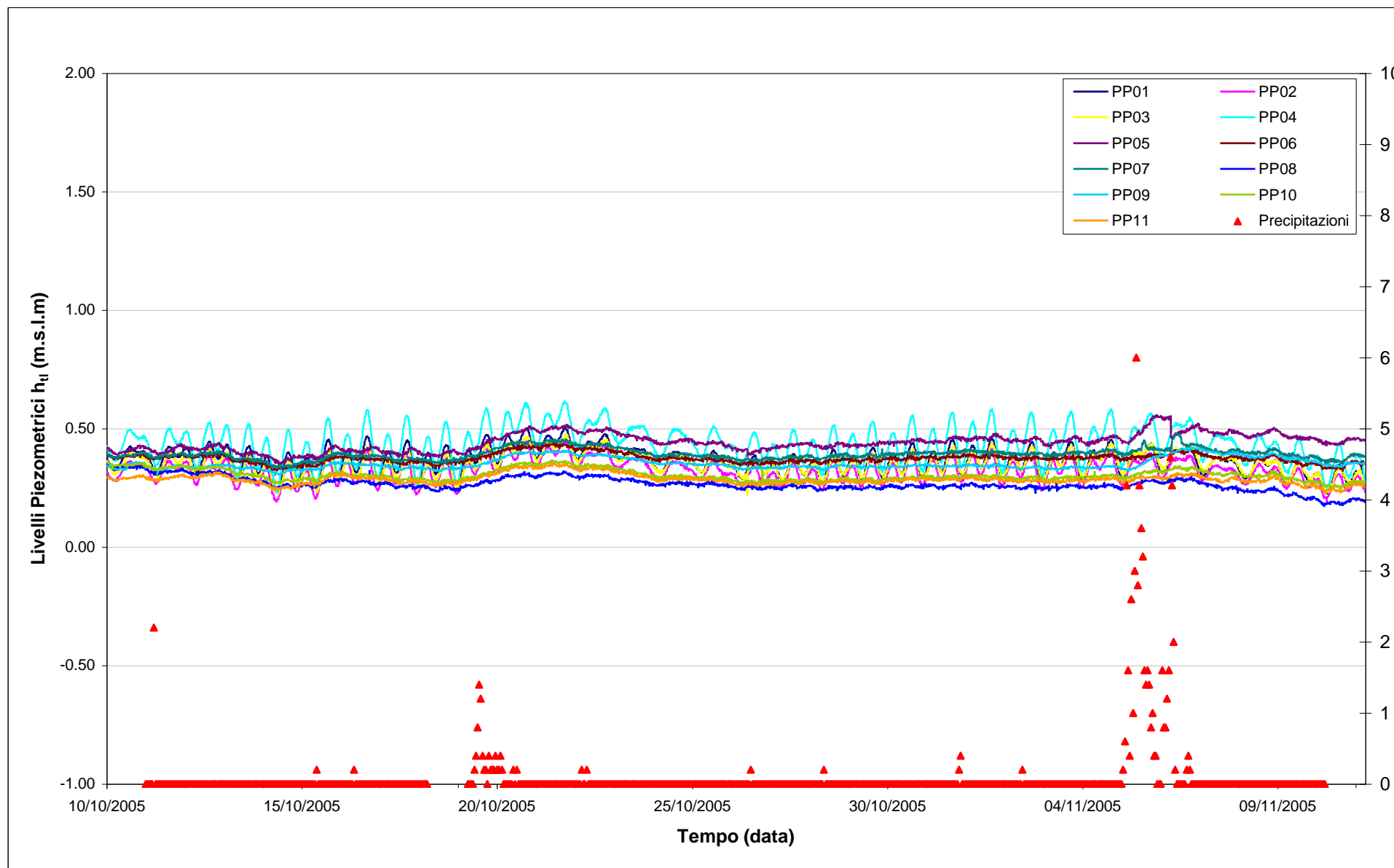
2.2.3 *Piezometri profondi – secondo livello acquifero (Strato C)*

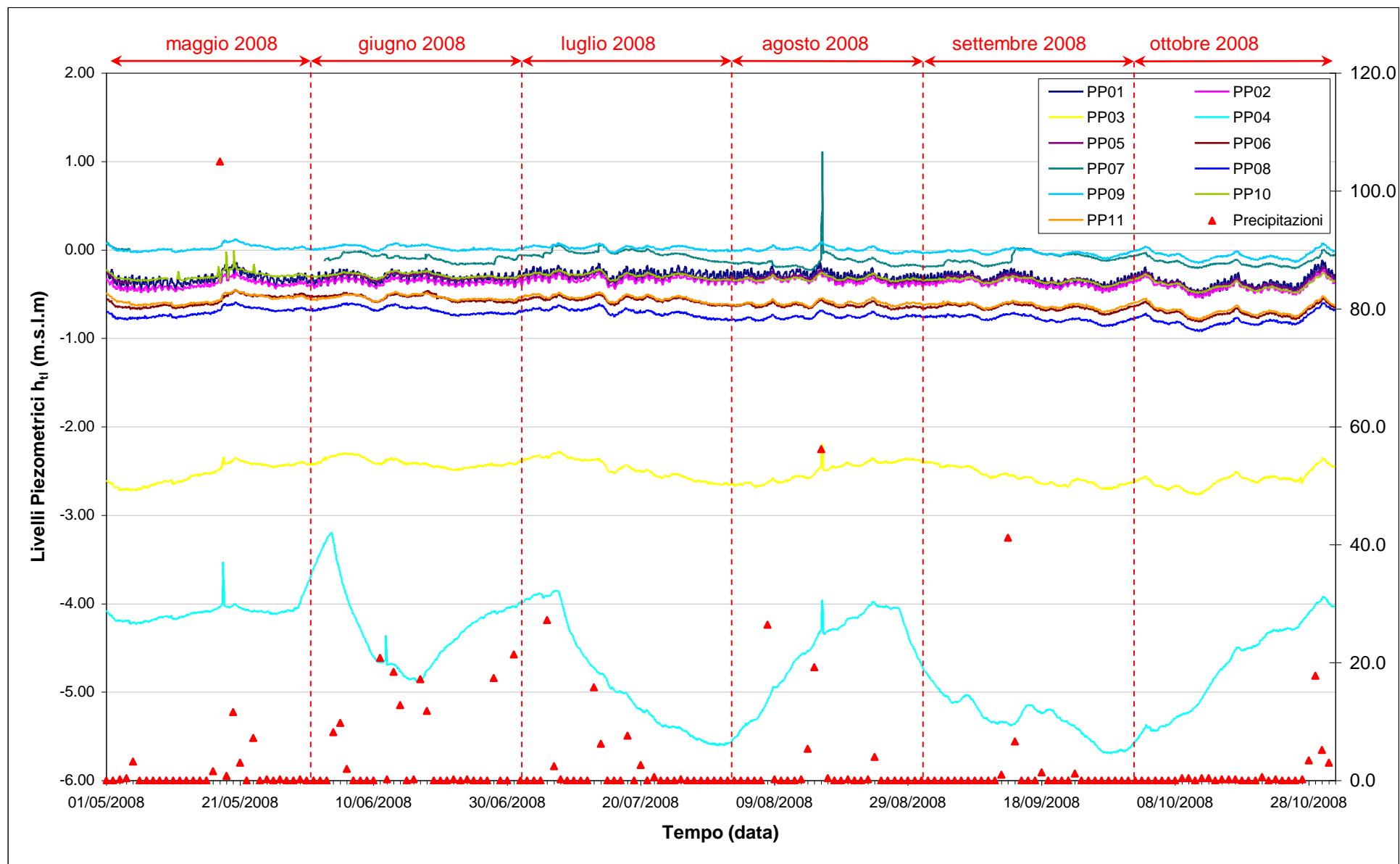
In questo paragrafo vengono presentate ed analizzate le serie temporali dei livelli piezometrici assoluti dei 14 piezometri profondi finestrati in corrispondenza del secondo livello acquifero (Strato C); per le postazioni PP01÷11 sono rappresentate le serie temporali in due grafici (periodi: 01/05/08 – 31/10/08 e 01/11/08 – 30/04/09), mentre per le postazioni PP12, PP13 e PP14 sono rappresentati solo gli andamenti nel periodo 01/11/08 – 30/04/09 poiché la loro installazione è stata completata nel mese di novembre 2008 e la registrazione dei livelli è iniziata nel mese di dicembre 2008.

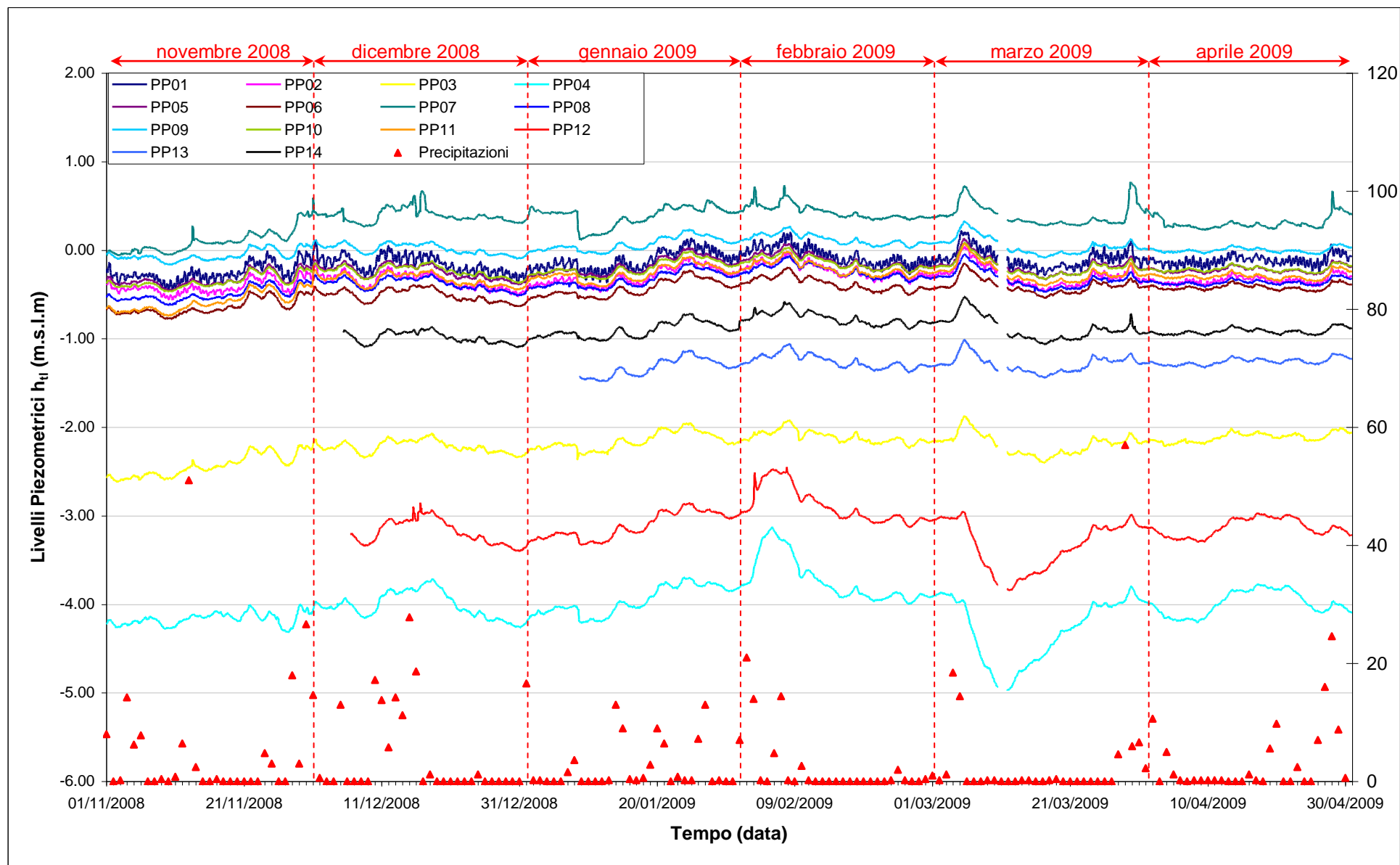
In Fig. 2.35 sono rappresentate le serie temporali degli 11 piezometri profondi e delle precipitazioni nella fase A (ottobre – novembre 2005).

Nelle Fig.2.36-2.37 è rappresentato l'andamento complessivo dei 14 piezometri profondi e delle precipitazioni durante il periodo di monitoraggio, mentre nelle Figg. 2.38 - 2.62 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 Figg. 2.63 - 2.64 è rappresentato l'andamento complessivo dei livelli nei piezometri profondi mediati su un periodo di 24 ore, confrontati con la soglia di Basso Livello Medio.

La serie temporale dei livelli del piezometro PP10 nel giorno 10/05/08 è incompleta a causa all'estrazione del trasduttore per le operazioni di spurgo. In data 16/08/08 si osserva un'anomalia nella serie temporale del PP07 attribuibile ad un malfunzionamento del trasduttore. Le serie temporali di livello dei piezometri PP05 e PP07 non sono disponibili per il periodo 04/05/08 – 02/06/08 a causa di un problema tecnico nello scaricamento dei dati dai trasduttori.

Fig. 2.35 - Livelli piezometrici (h_t) relativi ai piezometri profondi nella fase A (ottobre - novembre 2005).

Fig. 2.36 - Livelli piezometrici (h_t) relativi ai piezometri profondi nel periodo di monitoraggio 01/05/2008 - 31/10/2008.

Fig. 2.37 - Livelli piezometrici (h_{π}) relativi ai piezometri profondi nel periodo di monitoraggio 01/11/2008 - 30/04/2009.

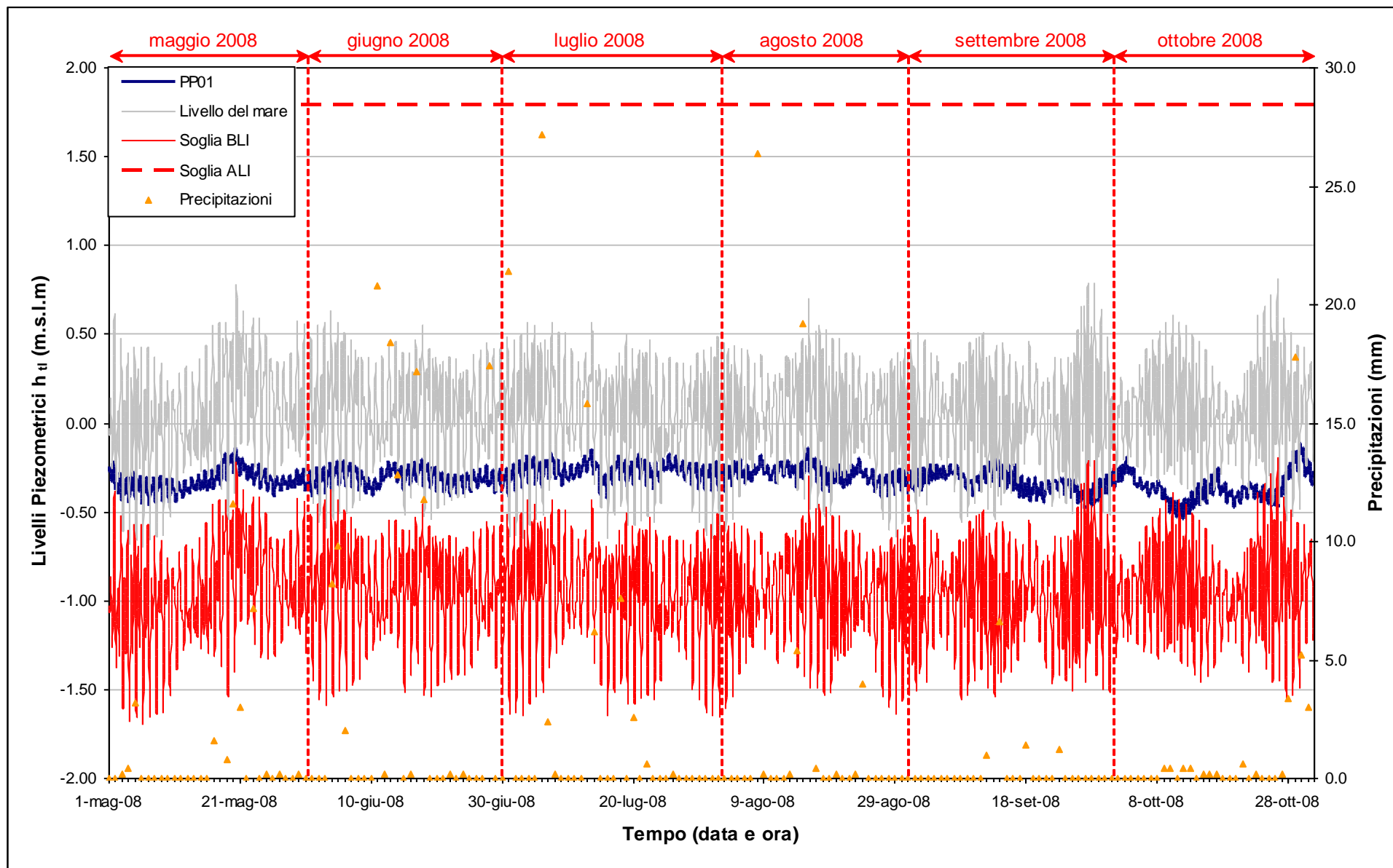


Fig. 2.38 - Livelli piezometrici (h_u) relativi al piezometro profondo PP01 nel periodo di monitoraggio 01/05/2008 - 31/10/2008.

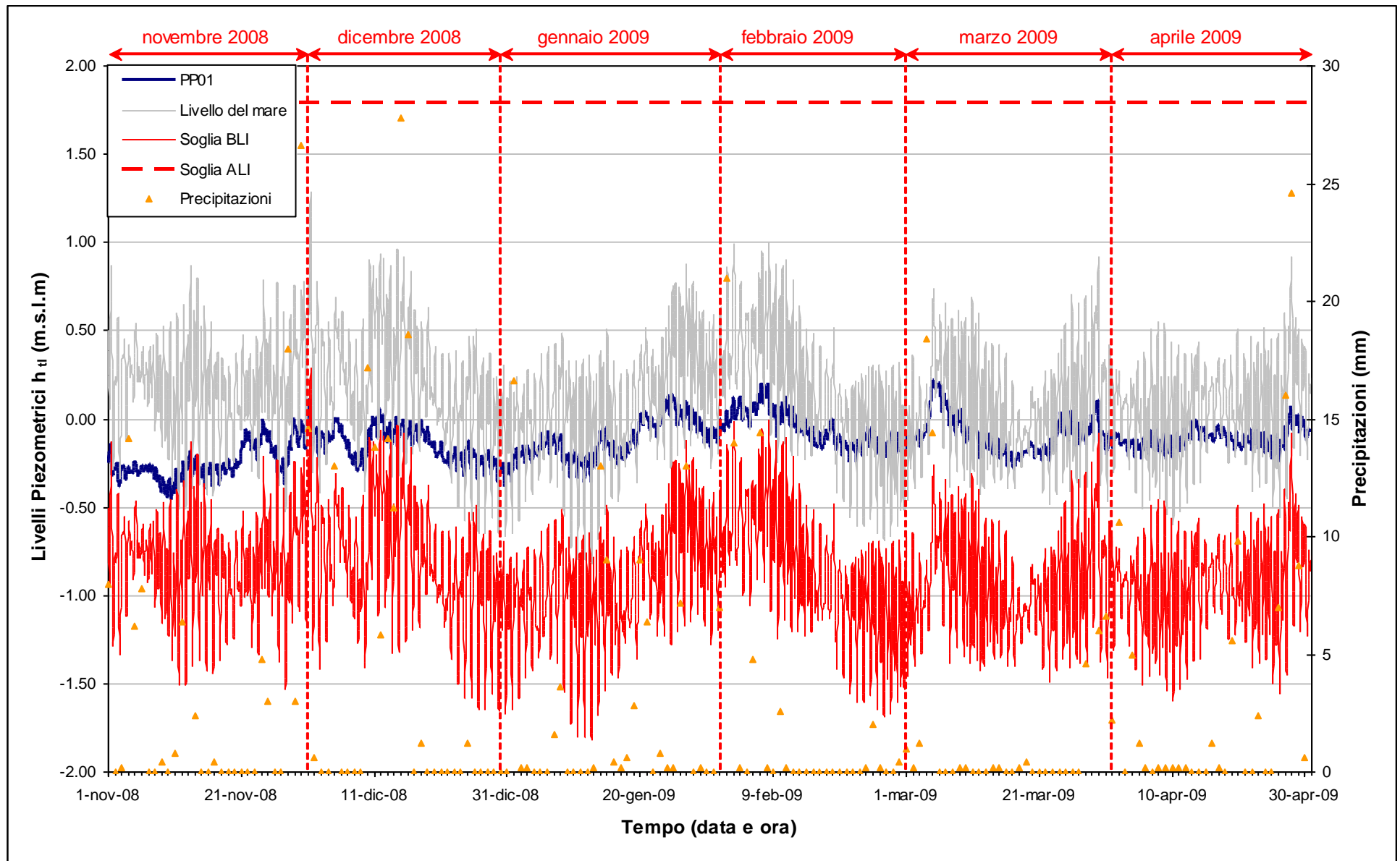


Fig. 2.39 - Livelli piezometrici (h_u) relativi al piezometro profondo PP01 nel periodo di monitoraggio 01/11/2008 - 30/04/2009.

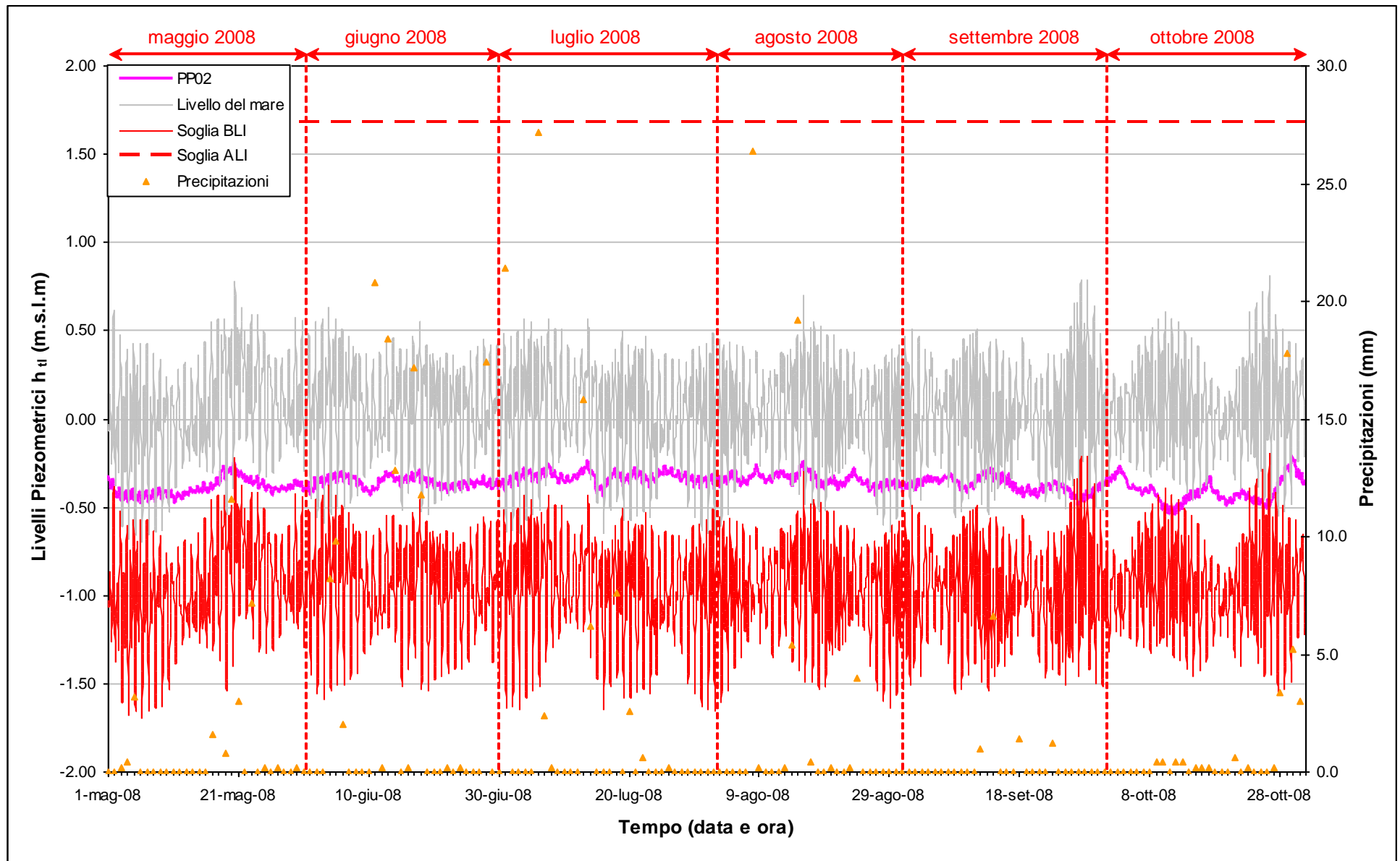


Fig. 2.40 - Livelli piezometrici (h_u) relativi al piezometro profondo PP02 nel periodo di monitoraggio 01/05/2008 - 31/10/2008.

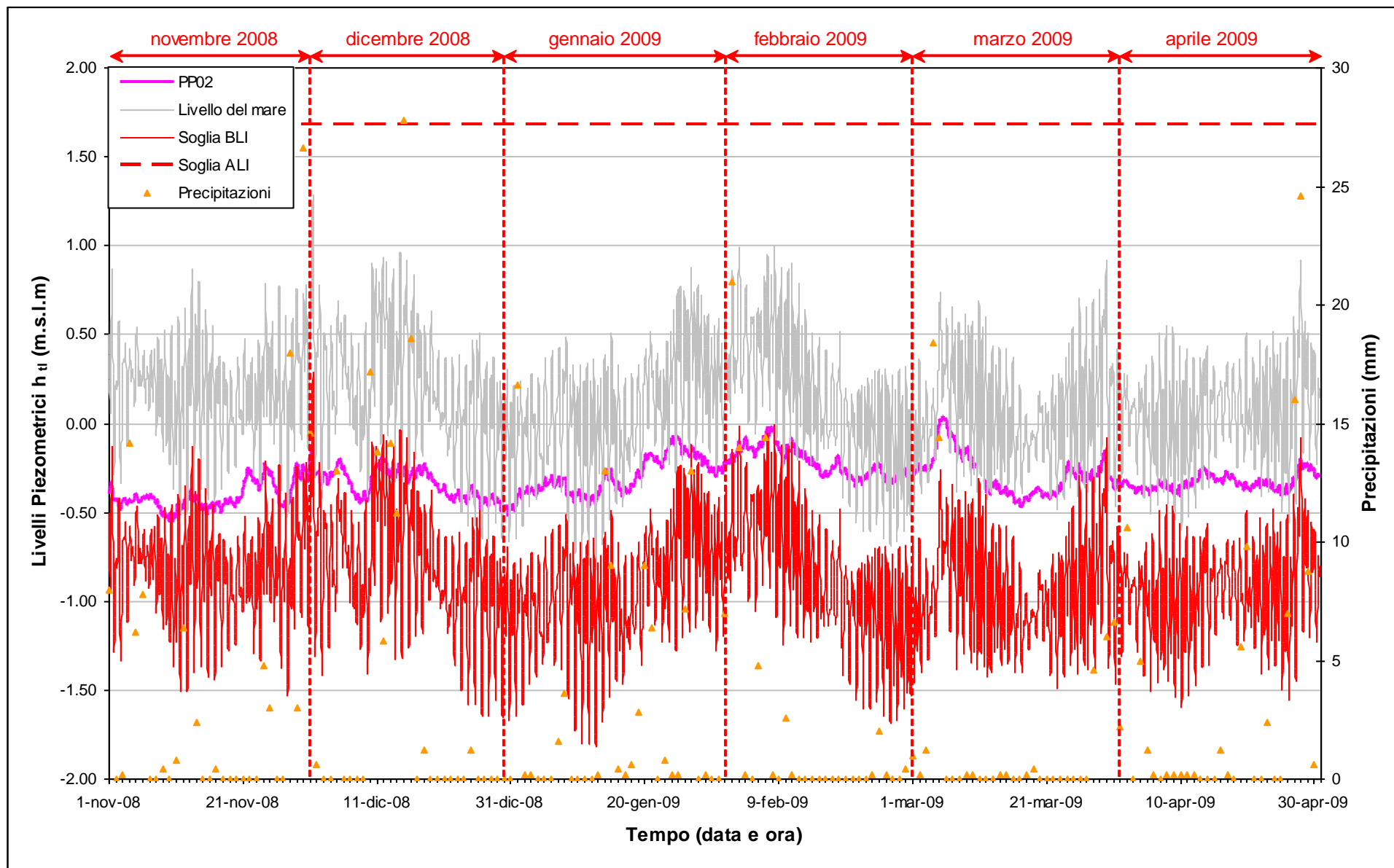


Fig. 2.41 – Livelli piezometrici (h_t) relativi al piezometro profondo PP02 nel periodo di monitoraggio 01/11/2008 – 30/04/2009.

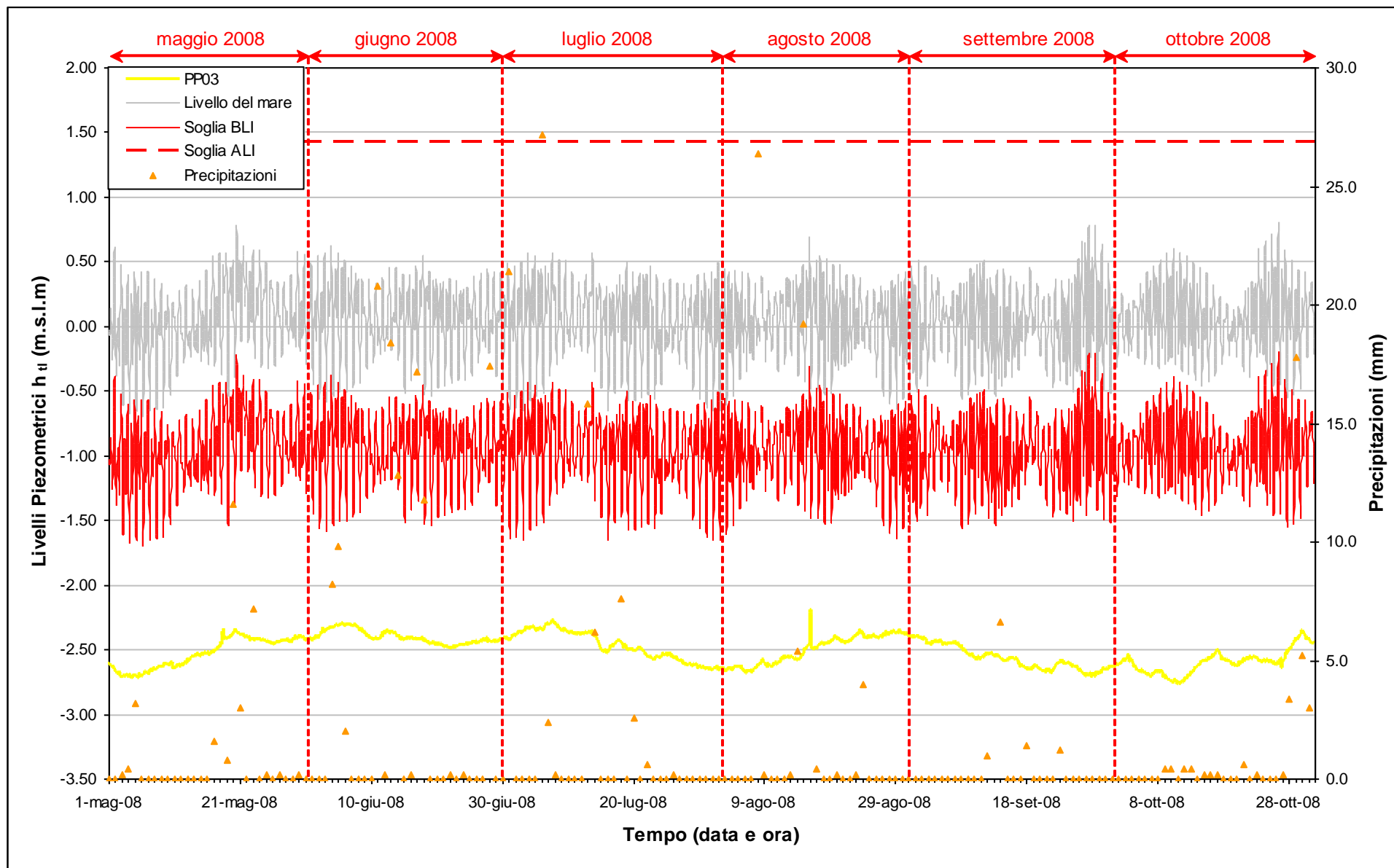


Fig. 2.42 - Livelli piezometrici (h_u) relativi al piezometro profondo PP03 nel periodo di monitoraggio 01/05/2008 - 31/10/2008.

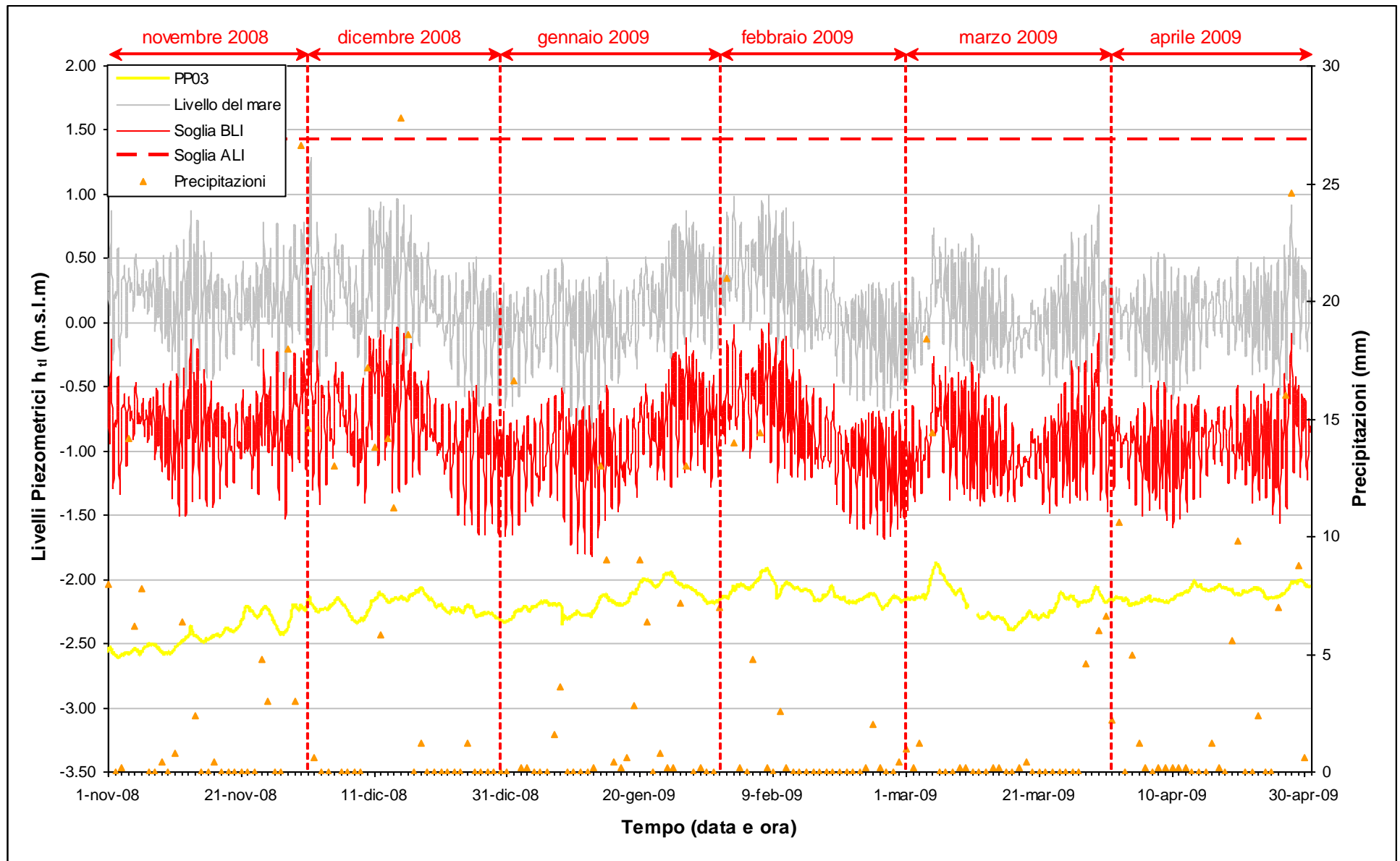


Fig. 2.43 - Livelli piezometrici (h_t) relativi al piezometro profondo PP03 nel periodo di monitoraggio 01/11/2008 - 30/04/2009.

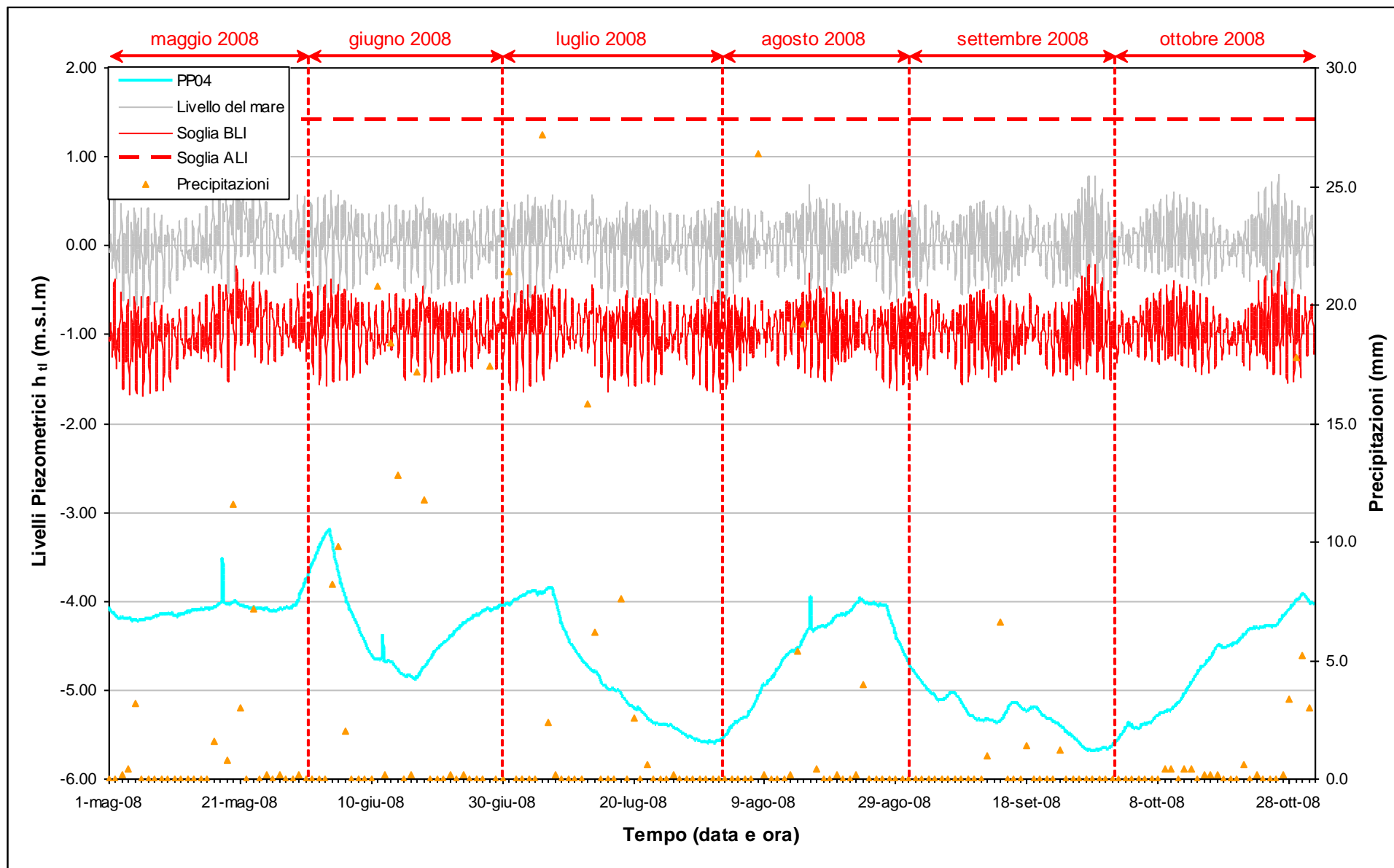
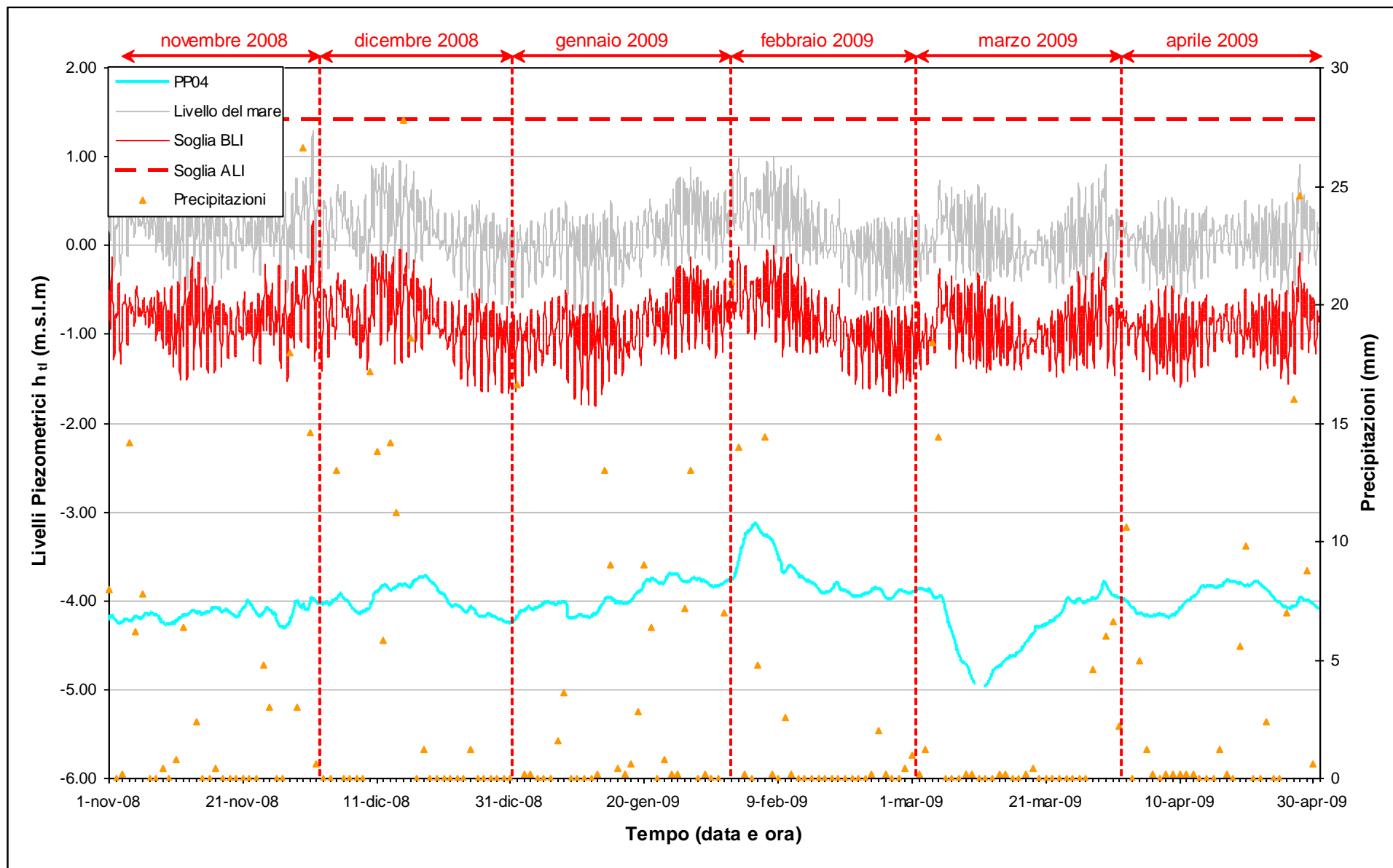


Fig. 2.44 - Livelli piezometrici (h_u) relativi al piezometro profondo PP04 nel periodo di monitoraggio 01/05/2008 - 31/10/2008.

Fig. 2.45 - Livelli piezometrici (h_u) relativi al piezometro profondo PP04 nel periodo di monitoraggio 01/11/2008 - 30/04/2009.

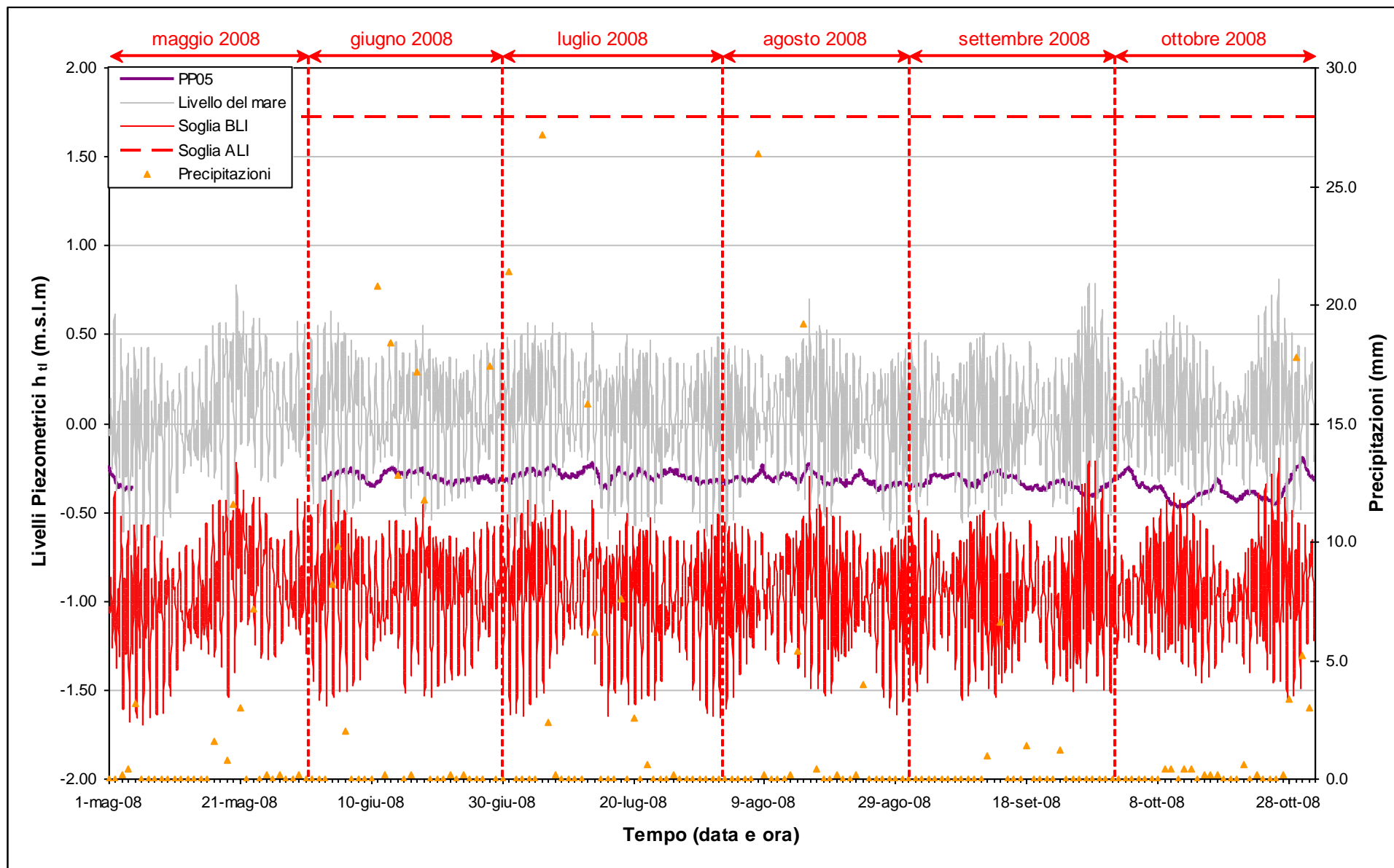


Fig. 2.46 - Livelli piezometrici (h_u) relativi al piezometro profondo PP05 nel periodo di monitoraggio 01/05/2008 - 31/10/2008.

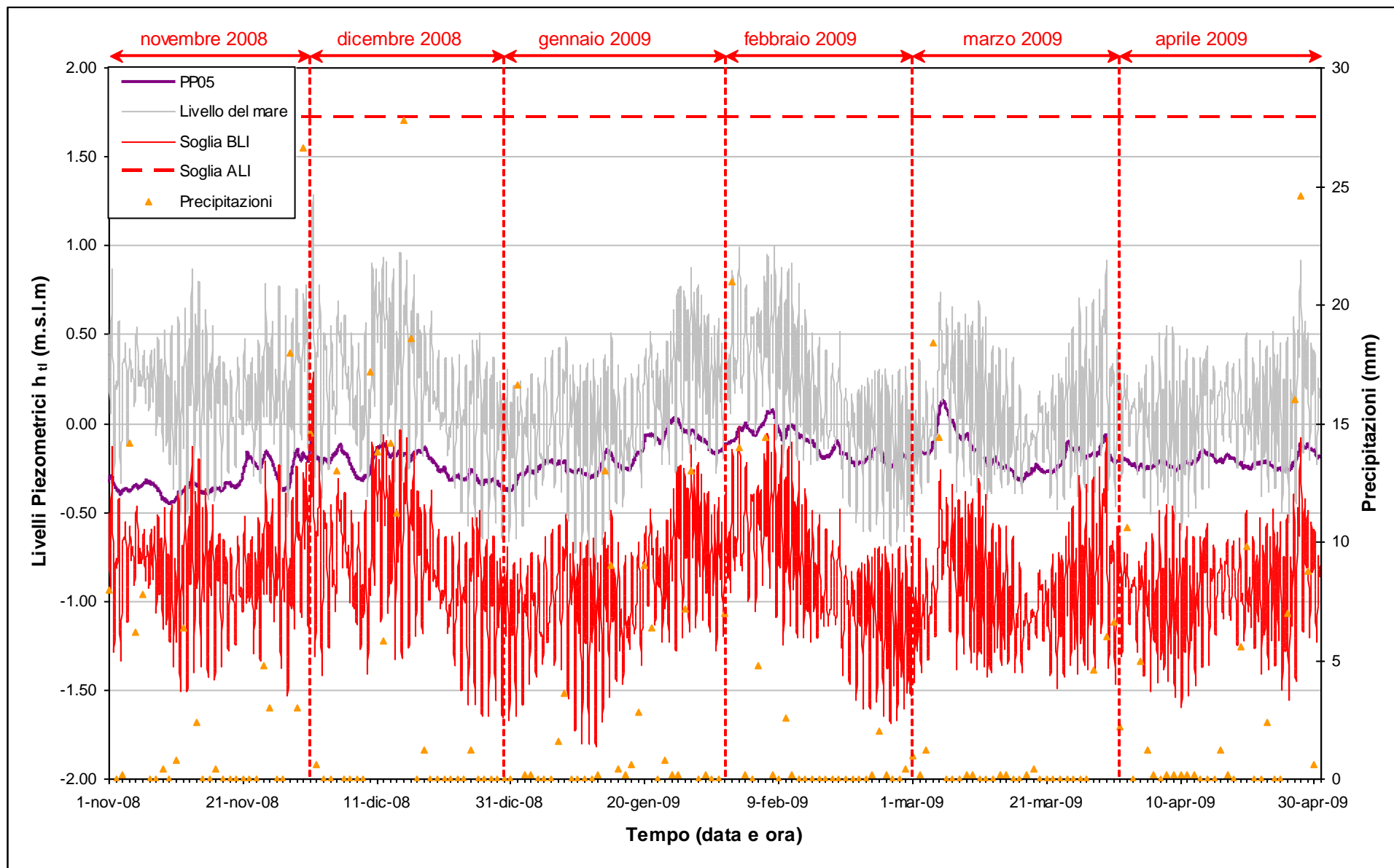


Fig. 2.47 - Livelli piezometrici (h_u) relativi al piezometro profondo PP05 nel periodo di monitoraggio 01/11/2008 - 30/04/2009.

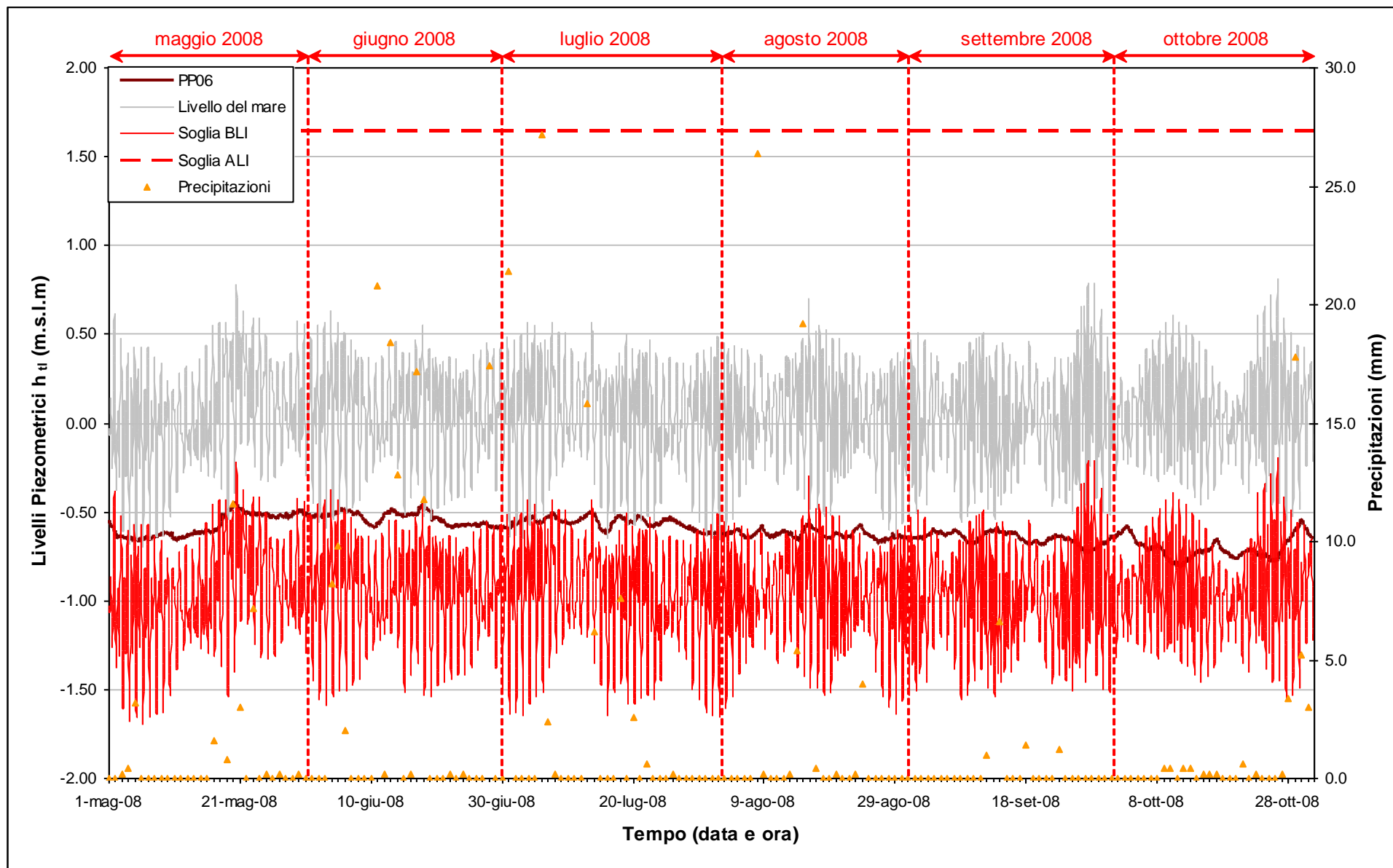


Fig. 2.48 - Livelli piezometrici (h_u) relativi al piezometro profondo PP06 nel periodo di monitoraggio 01/05/2008 - 31/10/2008.

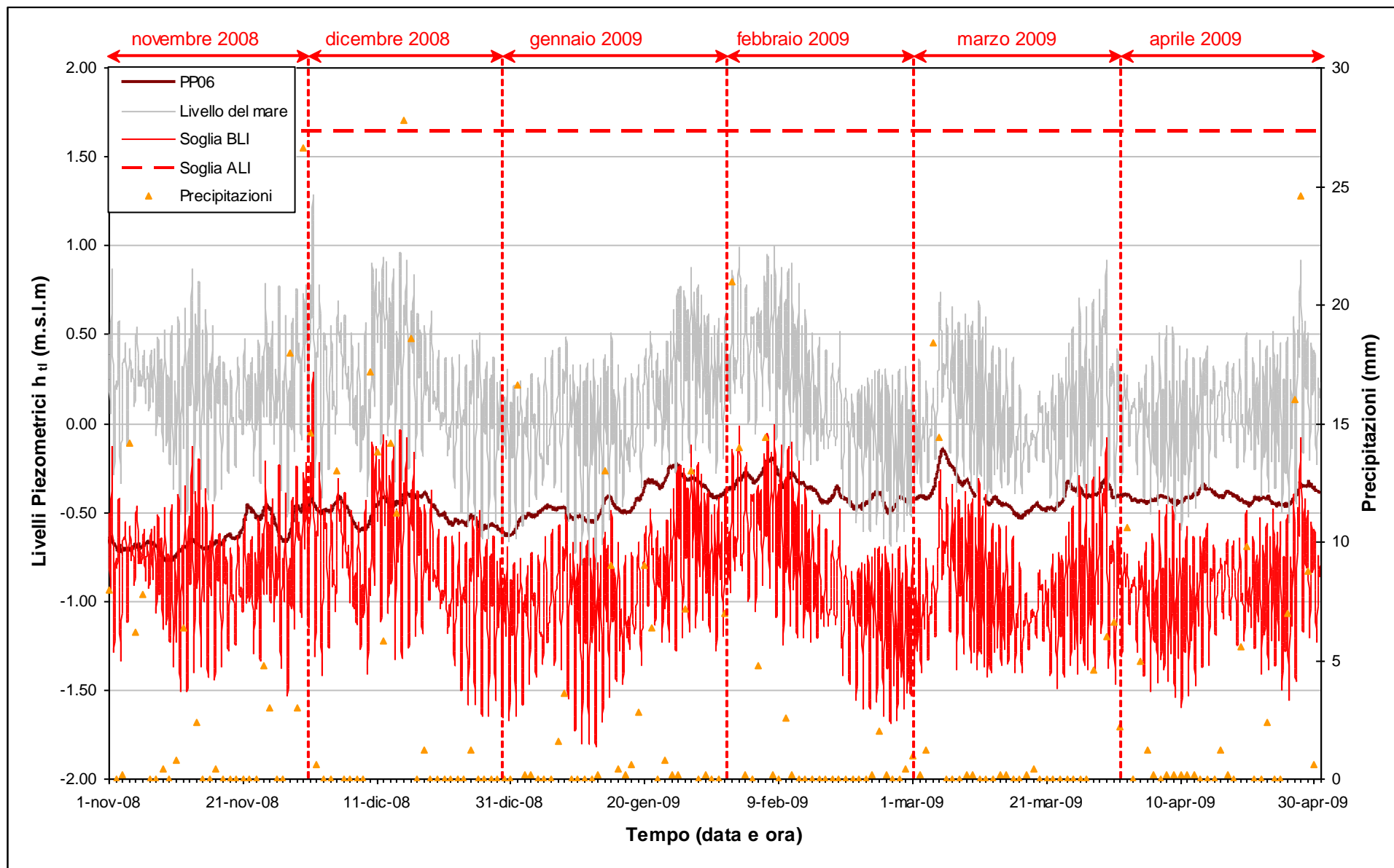


Fig. 2.49 - Livelli piezometrici (h_u) relativi al piezometro profondo PP06 nel periodo di monitoraggio 01/11/2008 - 30/04/2009.

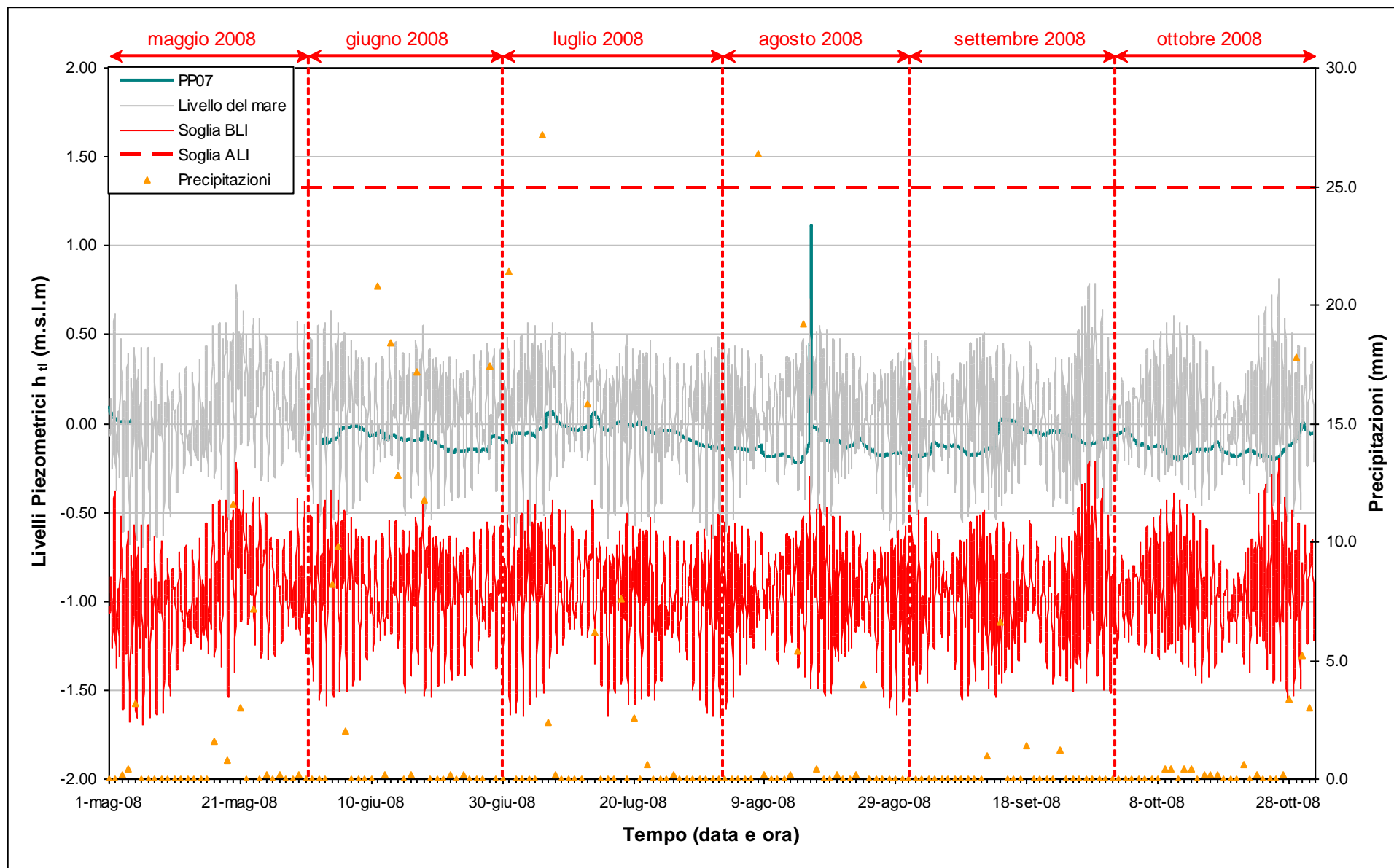
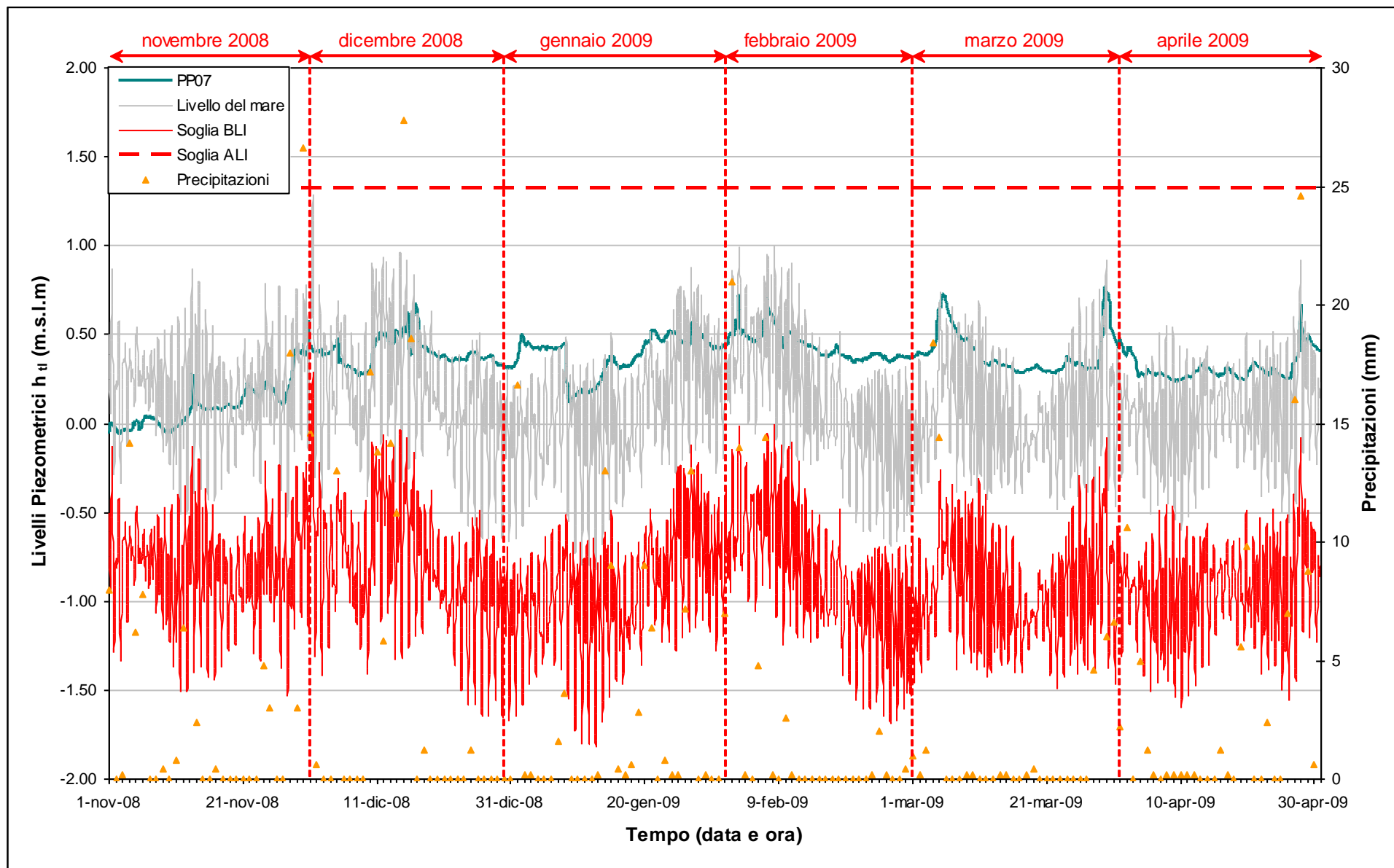


Fig. 2.50 - Livelli piezometrici (h_u) relativi al piezometro profondo PP07 nel periodo di monitoraggio 01/05/2008 - 31/10/2008.

Fig. 2.51 - Livelli piezometrici (h_u) relativi al piezometro profondo PP07 nel periodo di monitoraggio 01/11/2008 - 30/04/2009.

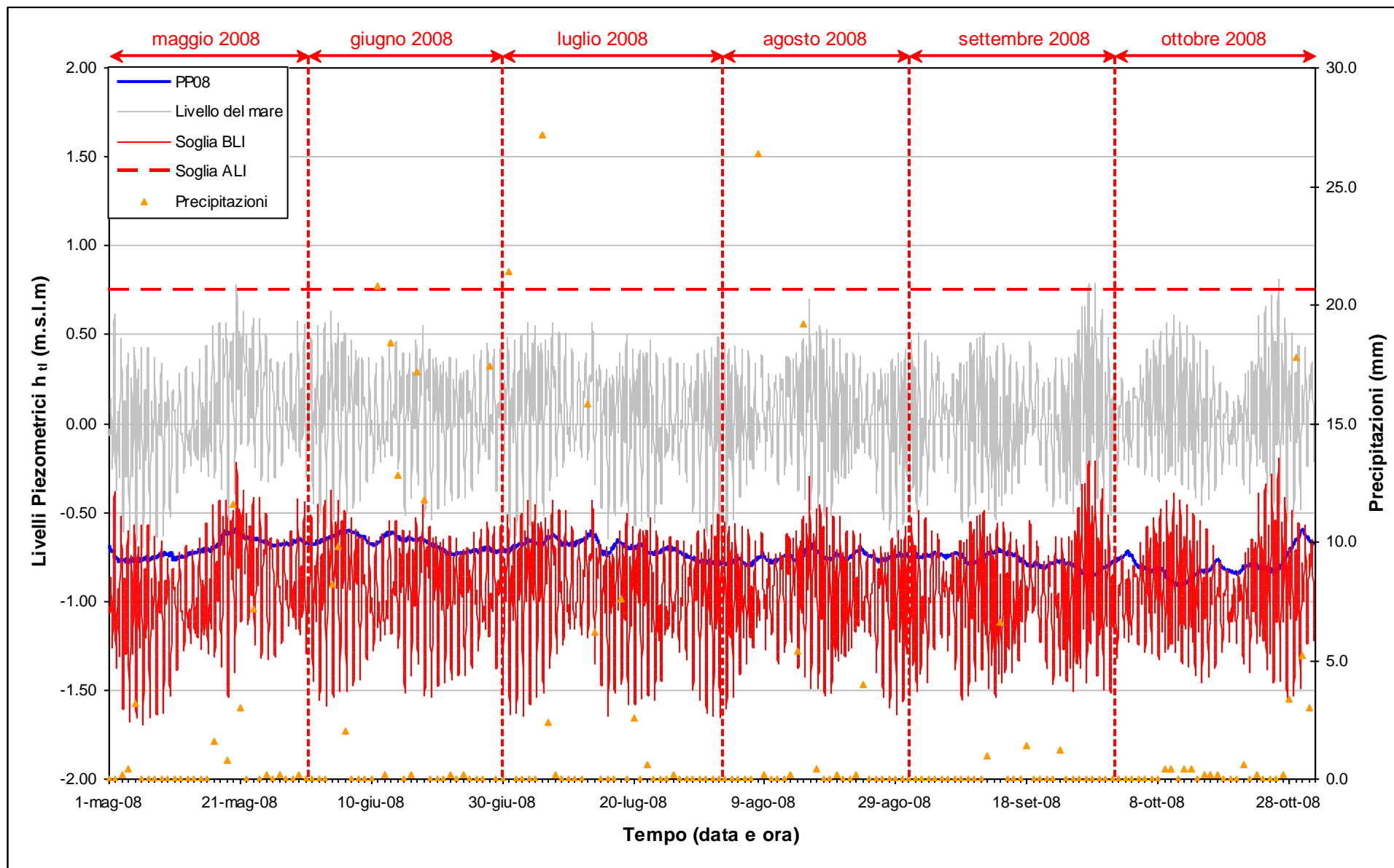
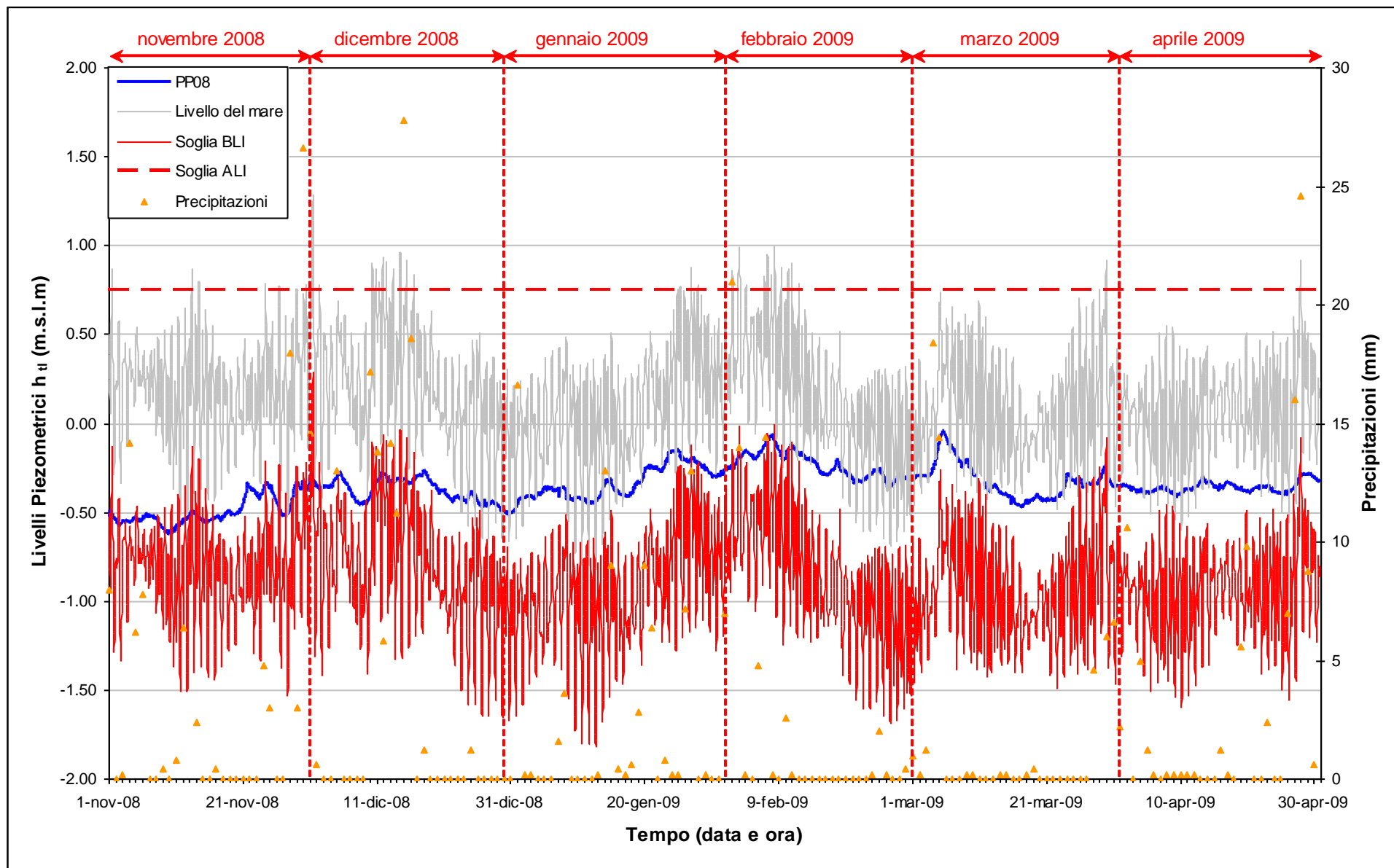


Fig. 2.52 - Livelli piezometrici (h_u) relativi al piezometro profondo PP08 nel periodo di monitoraggio 01/05/2008 - 31/10/2008.

Fig. 2.53 - Livelli piezometrici (h_u) relativi al piezometro profondo PP08 nel periodo di monitoraggio 01/11/2008 - 30/04/2009.

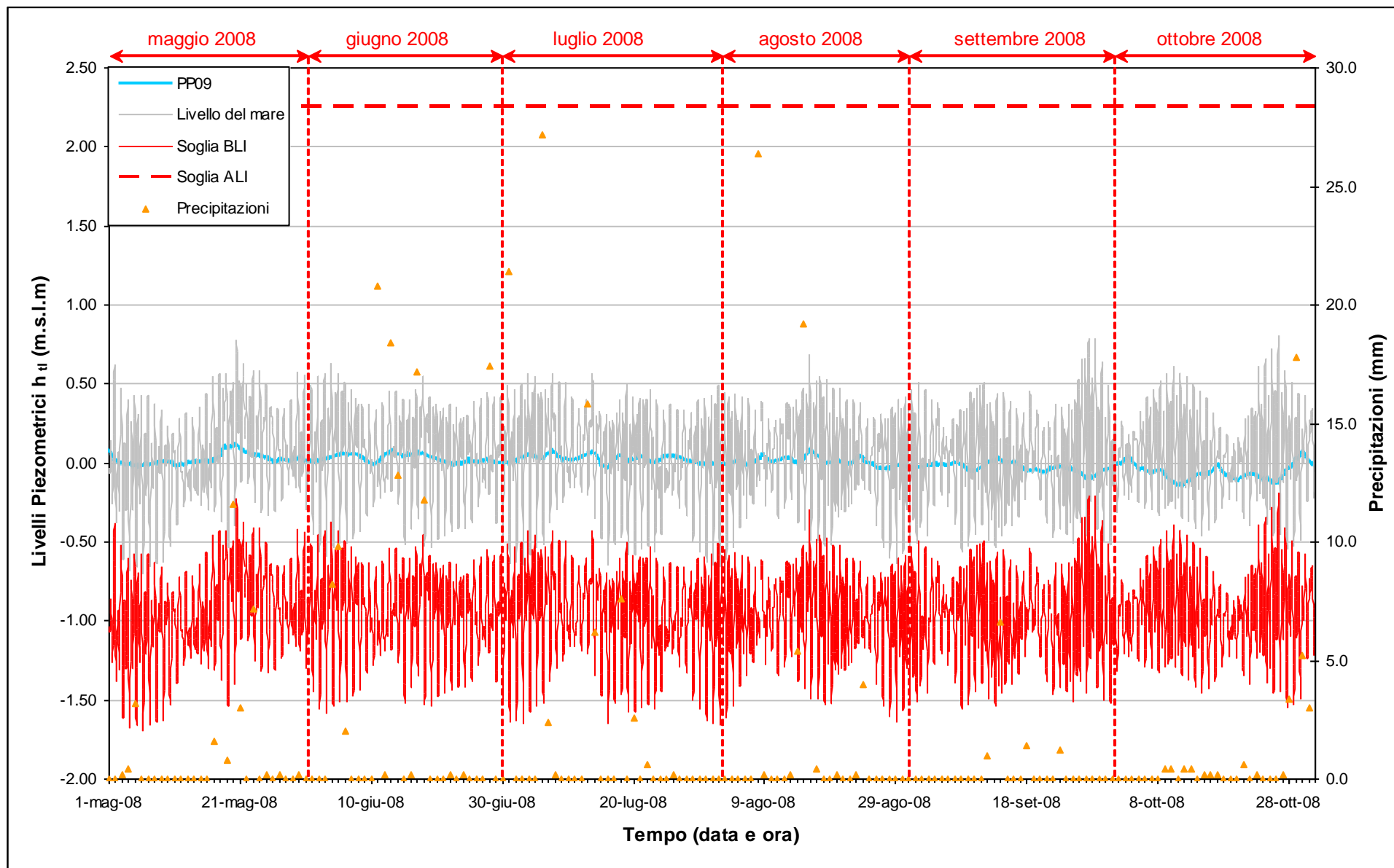


Fig. 2.54 - Livelli piezometrici (h_t) relativi al piezometro profondo PP09 nel periodo di monitoraggio 01/05/2008 - 31/10/2008.

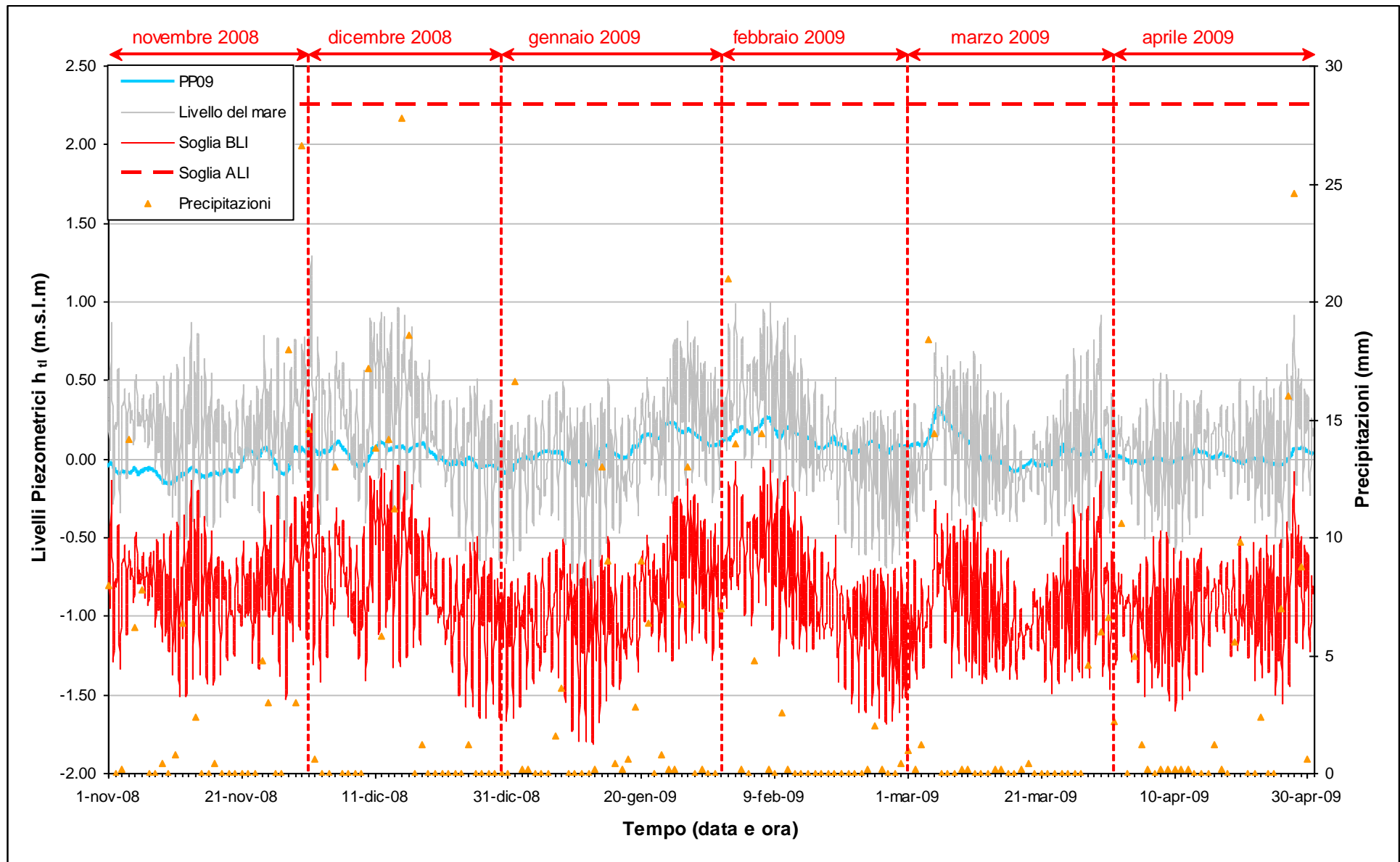
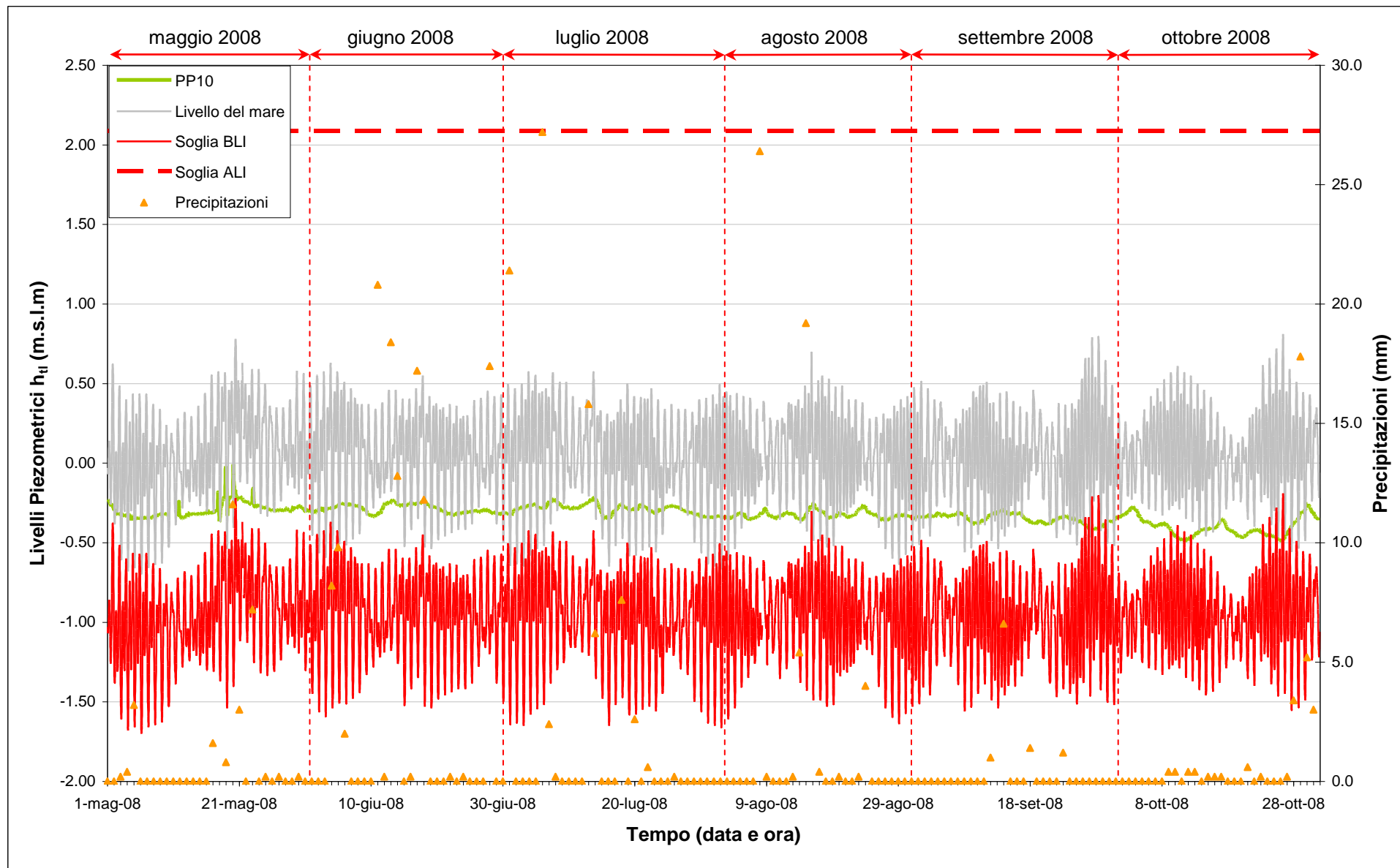


Fig. 2.55 - Livelli piezometrici (h_t) relativi al piezometro profondo PP09 nel periodo di monitoraggio 01/11/2008 - 30/04/2009.

Fig. 2.56 - Livelli piezometrici (h_t) relativi al piezometro profondo PP10 nel periodo di monitoraggio 01/05/2008 - 31/10/2008.

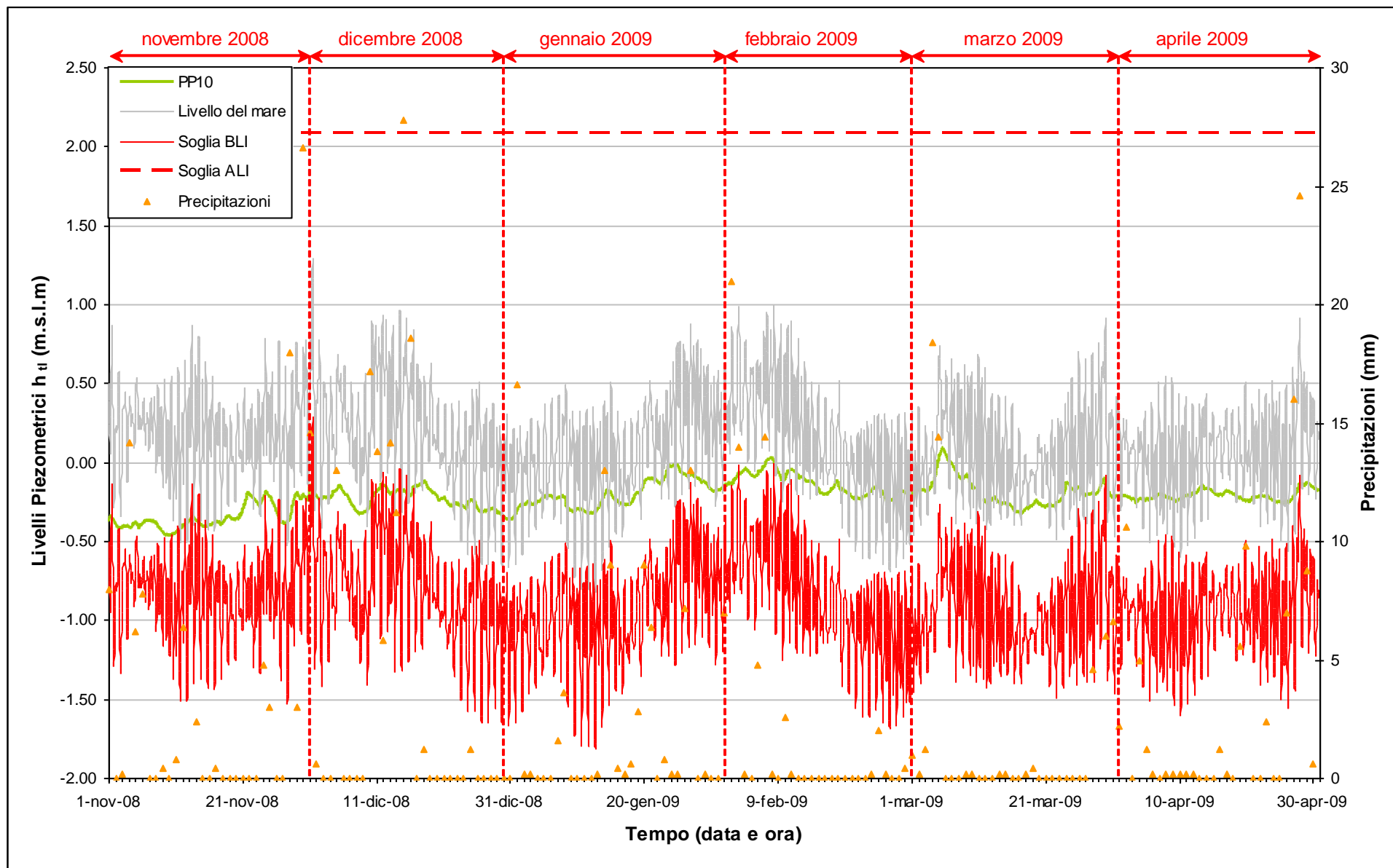


Fig. 2.57 - Livelli piezometrici (h_t) relativi al piezometro profondo PP10 nel periodo di monitoraggio 01/11/2008 - 30/04/2009.

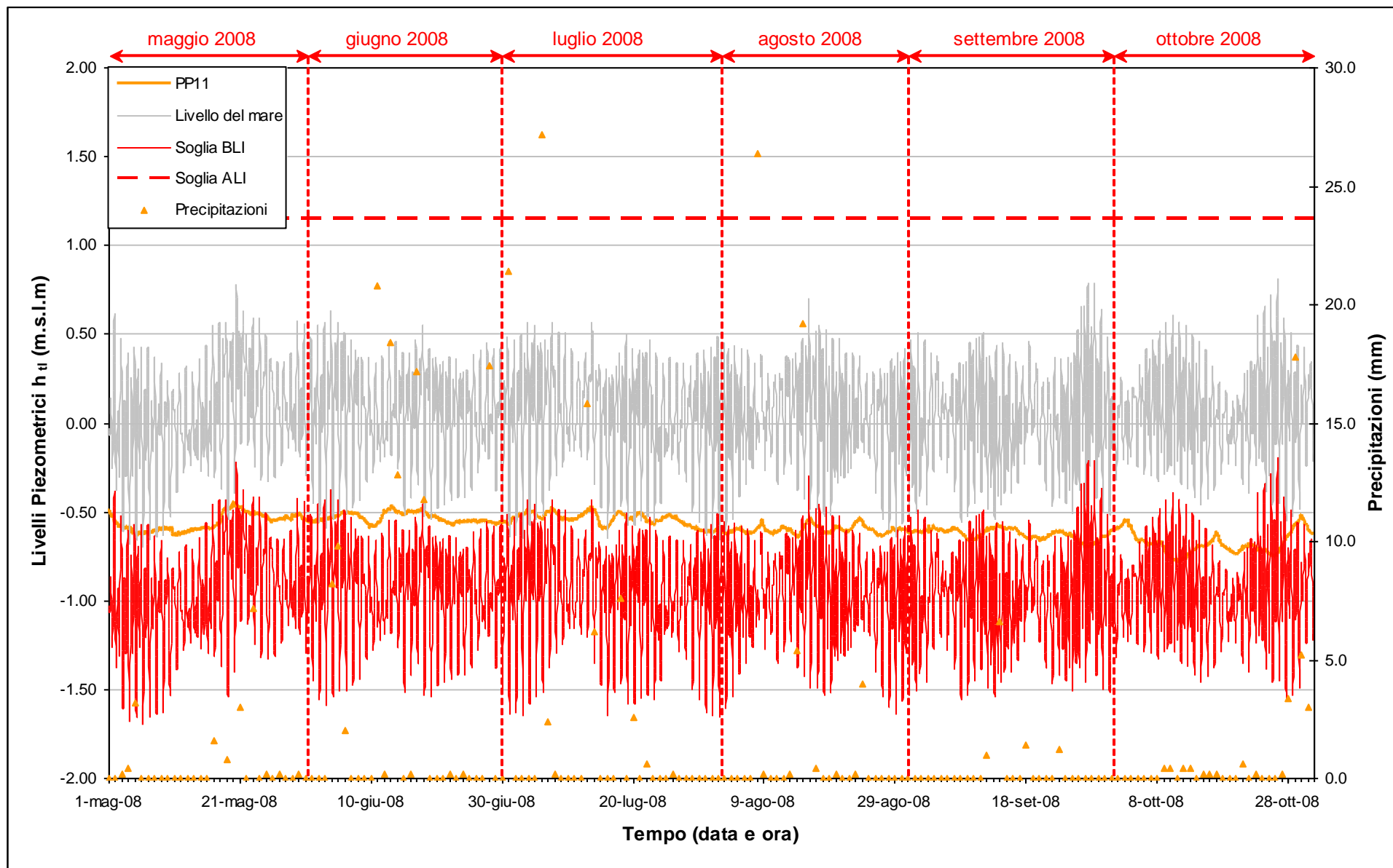


Fig. 2.58 - Livelli piezometrici (h_u) relativi al piezometro profondo PP11 nel periodo di monitoraggio 01/05/2008 - 31/10/2008.

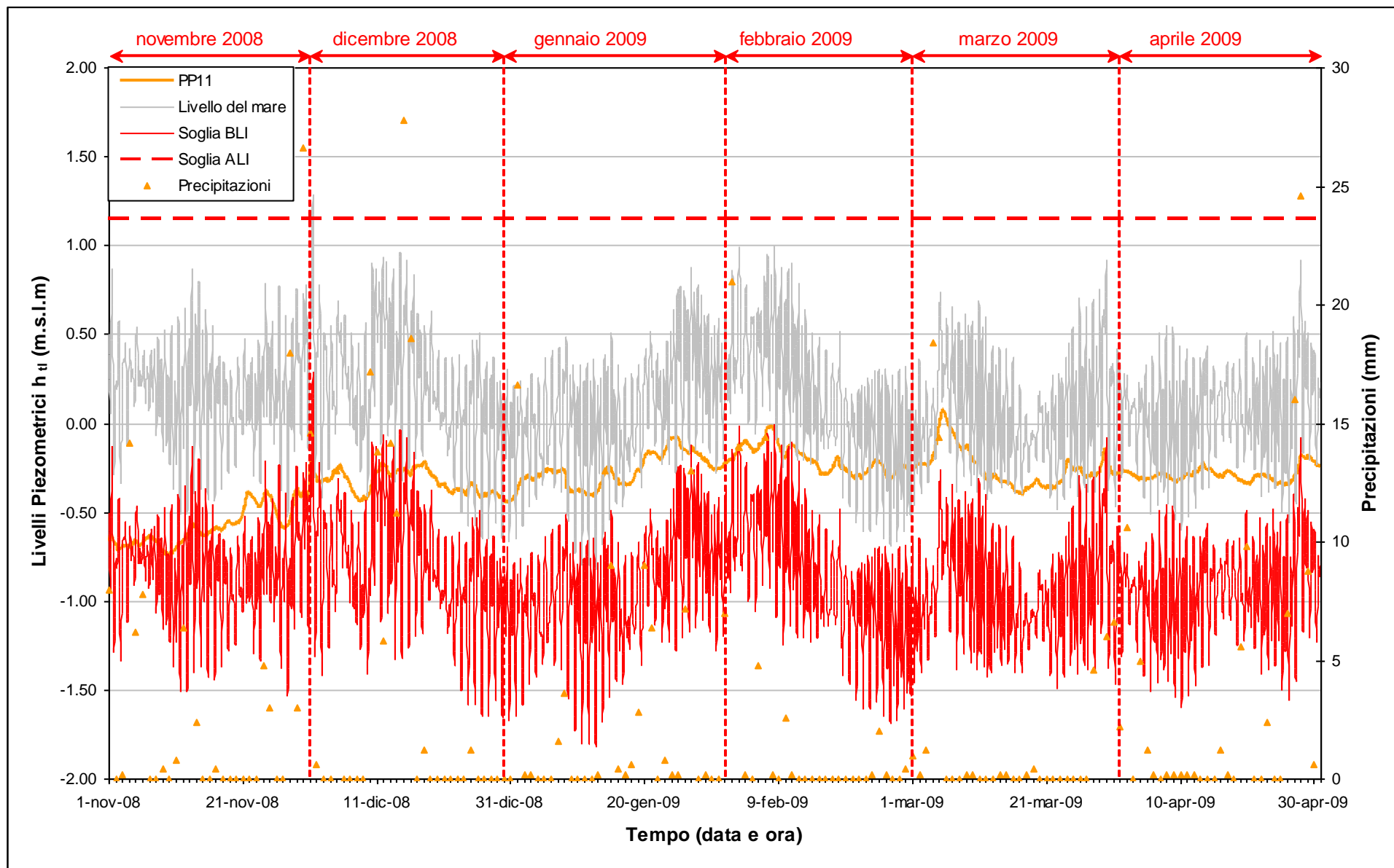
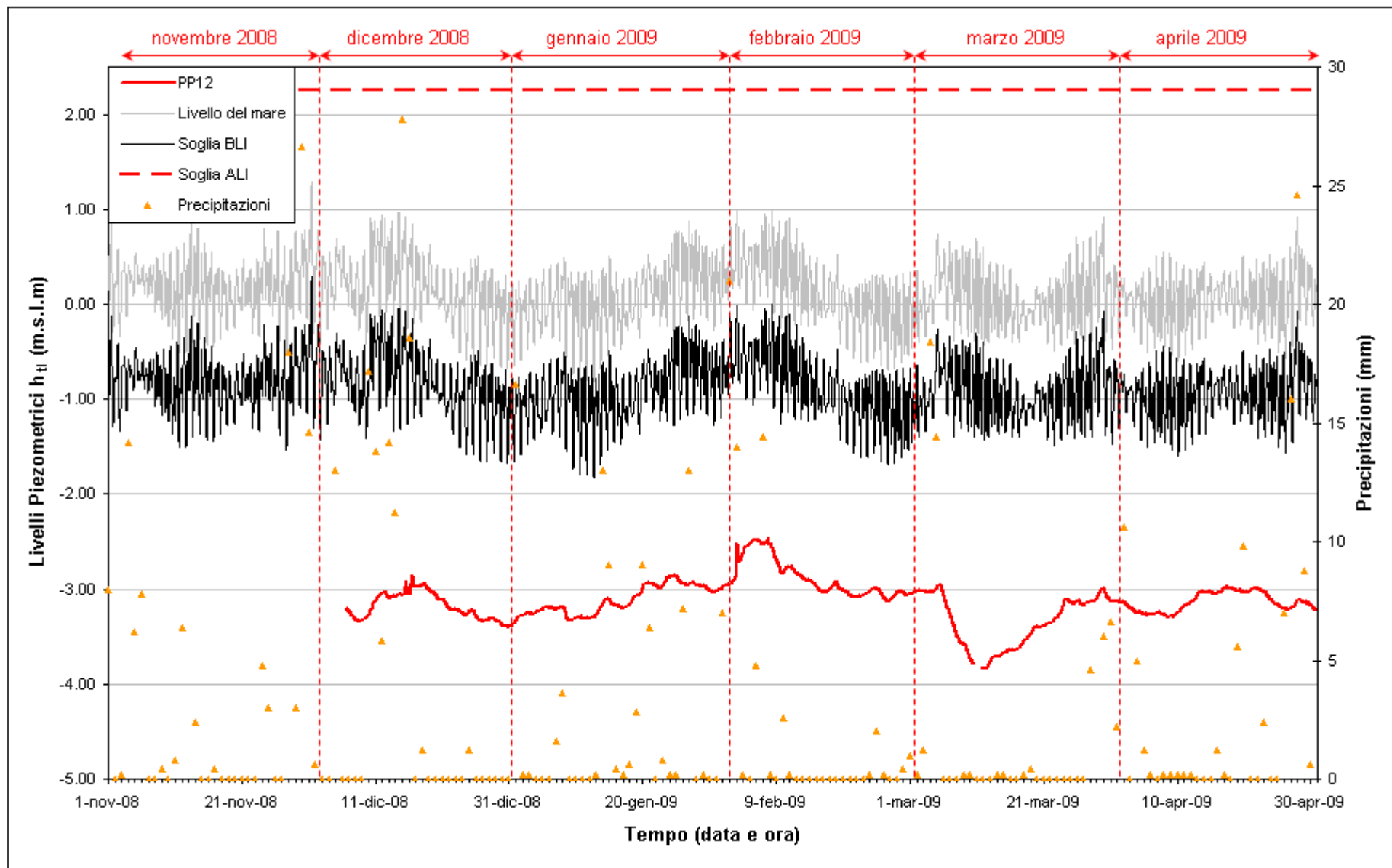


Fig. 2.59 - Livelli piezometrici (h_u) relativi al piezometro profondo PP11 nel periodo di monitoraggio 01/11/2008 - 30/04/2009.

Fig. 2.60 - Livelli piezometrici (h_u) relativi al piezometro profondo PP12 nel periodo di monitoraggio 01/11/2008 - 30/04/2009.

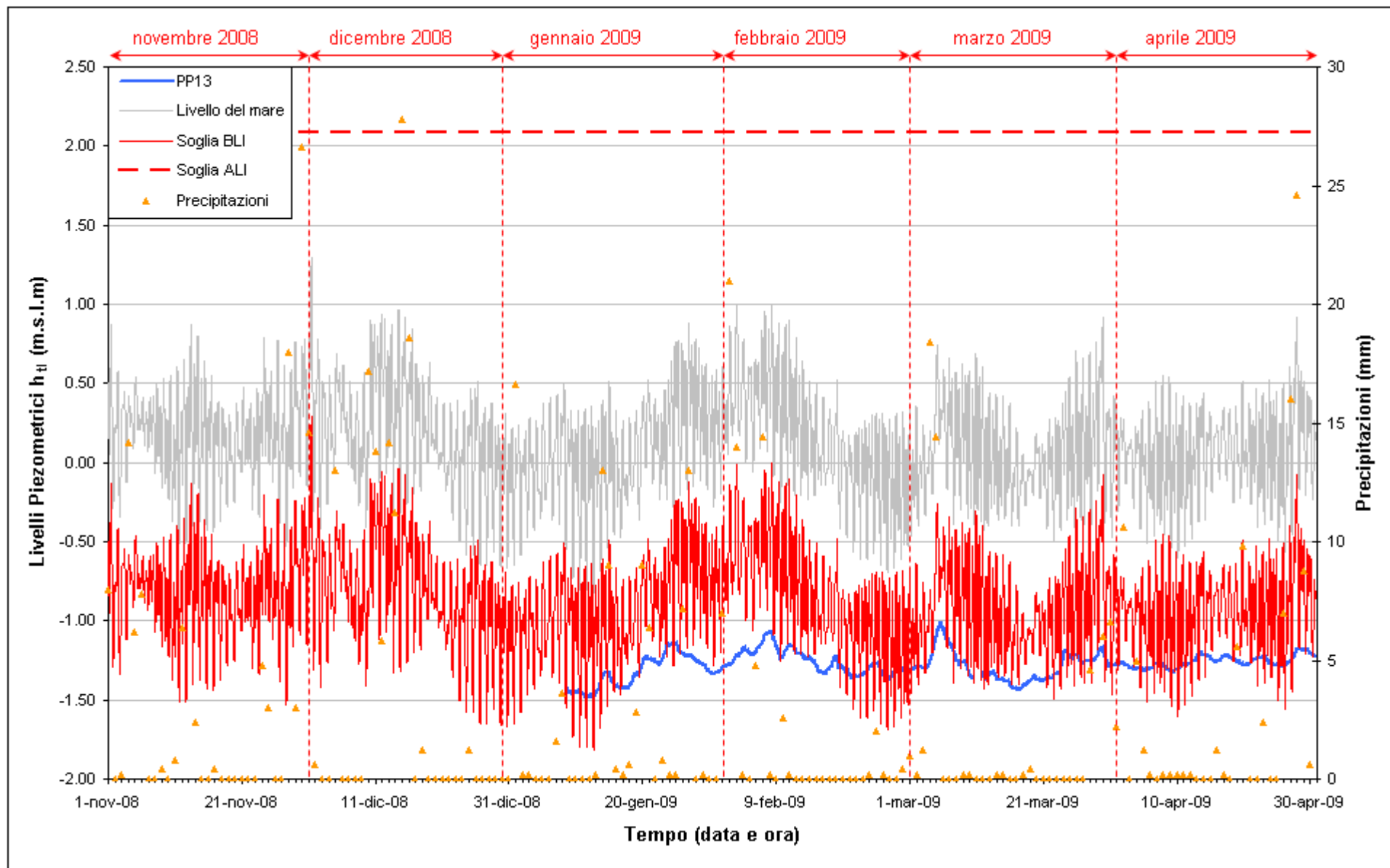


Fig. 2.61 - Livelli piezometrici (h_u) relativi al piezometro profondo PP13 nel periodo di monitoraggio 01/11/2008 - 30/04/2009.

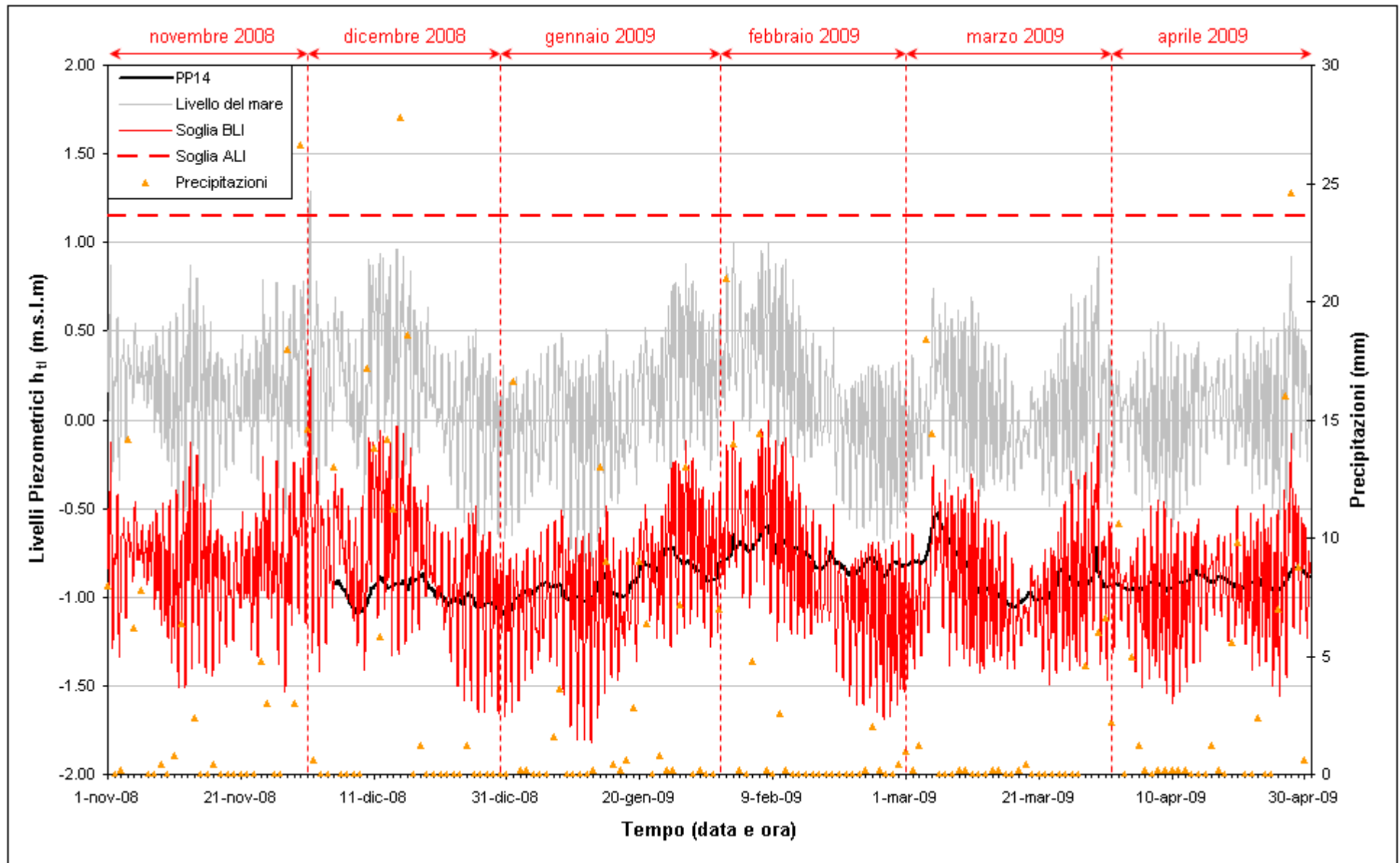


Fig. 2.62 - Livelli piezometrici (h_u) relativi al piezometro profondo PP14 nel periodo di monitoraggio 01/11/2008 - 30/04/2009.

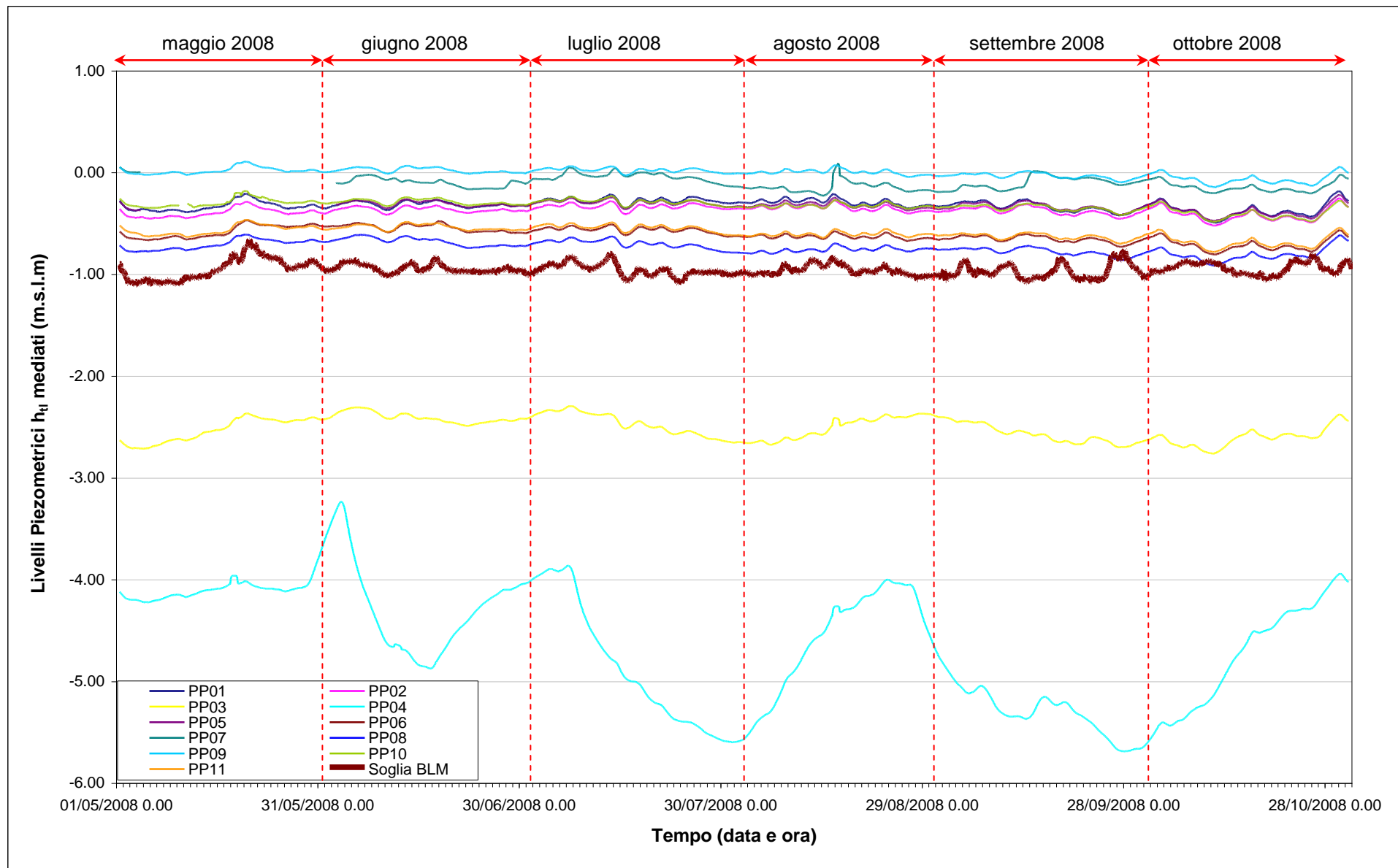


Fig. 2.63 - Soglia di Basso Livello Medio nei piezometri profondi nel periodo di monitoraggio 01/05/2008 - 31/10/2008.

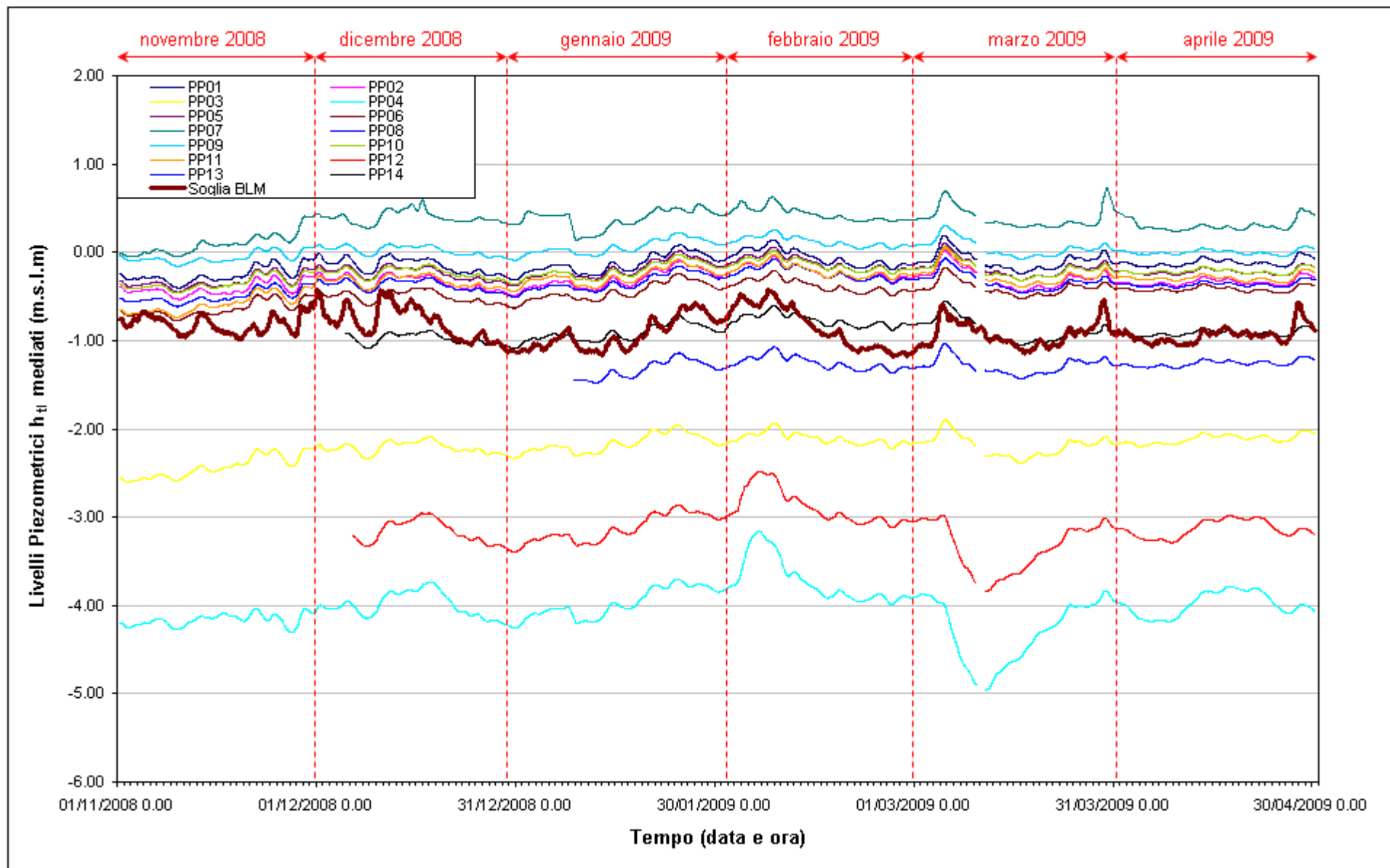


Fig. 2.64 - Soglia di Basso Livello Medio nei piezometri profondi nel periodo di monitoraggio 01/11/2008 - 30/04/2008.

2.3 STUDIO PIEZOMETRICO

Nel seguente paragrafo sono riportate le ricostruzioni della superficie piezometrica relative al primo livello acquifero (Strato A) ed al secondo livello acquifero (Strato C), derivanti dalla elaborazione dei dati acquisiti in corrispondenza delle postazioni di monitoraggio.

Sono state effettuate cinque ricostruzioni piezometriche per entrambi gli acquiferi monitorati, utilizzando i dati registrati in corrispondenza di istanti temporali lontani da eventi piovosi intensi e da estremi mareali (Tab.2.6). Dalle carte piezometriche è possibile effettuare un confronto con la situazione osservata in Fase A.

Le piezometrie riportate nella presente sono da intendersi come ricostruzioni dei carichi idraulici riferiti alla densità ρ_0 ed alla quota media $z_m = -6.036$ m s.l.m. (quota media di installazione dei trasduttori).

Tab. 2.6- Istanti temporali utilizzati per l'elaborazione delle piezometrie

Mese	Data e ora
Fase A	12 novembre 2005 - h. 14:00
Giugno	10 giugno 2008 - h. 13.00
Agosto	13 agosto 2008 - h. 21.00
Novembre	21 novembre 2008 - h. 17.00
Gennaio	13 gennaio 2009 - h. 7.00
Aprile	13 aprile 2009 - h. 9.00

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

2.3.1 *Piezometria superficiale*

La piezometria del primo livello acquifero (Strato A) è stata desunta a partire dai valori di battente idrico misurati dai Levelogger posti nei piezometri superficiali. In Tab. 2.7 sono riportati i livelli piezometrici riferiti ai cinque istanti temporali scelti per le elaborazioni grafiche e alla Fase A. Nelle Figg. 2.65 - 2.70 sono riportate le relative piezometrie, elaborate con il software Surfer.

Tab. 2.7- Livelli piezometrici h_{t_i} relativi al primo livello acquifero: Fase A e cinque date di riferimento.

Piezometro	X	Y	Z_t (m s.l.m.)	Fase A	Giugno	Settembre	Novembre	Gennaio	Aprile
				h_{t_i} (m s.l.m.)	h_{t_i} (m s.l.m.)	h_{t_i} (m s.l.m.)	h_{t_i} (m s.l.m.)	h_{t_i} (m s.l.m.)	h_{t_i} (m s.l.m.)
PS01	2318325.88	5035253.68	1.790	0.271	0.06	0.25	0.27	0.099	0.114
PS02	2318303.30	5034900.48	1.687	nd	0.02	0.20	0.23	0.035	0.069
PS03	2318377.62	5034552.61	1.459	0.331	0.34	0.24	0.55	0.617	0.545
PS04	2318449.34	5034373.27	1.344	0.147	0.22	0.20	0.51	0.465	0.332
PS05	2318582.01	5034989.80	1.816	0.799	0.73	0.57	0.97	0.990	0.877
PS06	2318658.27	5034750.84	1.664	0.843	0.74	0.53	nd	1.091	0.940
PS07	2318785.95	5034898.62	1.403	0.654	0.55	0.34	nd	0.845	0.719
PS08	2318799.69	5034032.43	0.623	0.345	0.22	0.18	0.35	0.350	0.346
PS09	2318764.67	5035448.00	2.248	0.638	0.69	0.49	0.87	0.854	0.821
PS10	2318792.99	5035043.94	2.003	0.634	0.50	0.26	0.69	0.721	0.671
PS11	2318787.28	5034652.23	1.086	0.673	0.39	0.28	nd	0.685	0.590

Confrontando le ricostruzioni piezometriche del periodo di monitoraggio con quella relativa alla Fase A (novembre 2005) è possibile notare:

- nel mese di giugno 2008 un sostanziale accordo con la configurazione *ante operam*;
- nel mese di settembre 2008 un abbassamento generale dei livelli piezometrici dovuto all'evapotraspirazione estiva;
- nei mesi di novembre 2008 e gennaio 2009 i livelli sono nettamente superiori rispetto a quelli registrati durante la fase A a causa delle intense precipitazioni avvenute nel periodo autunnale ed invernale;
- nel mese di aprile 2009 i livelli sono leggermente superiori a quelli registrati durante la fase A (novembre 2005).

Analogamente a quanto osservato durante la Fase A, in tutte le piezometrie elaborate si evidenzia un chiaro deflusso diretto dalla terraferma verso il mare.

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

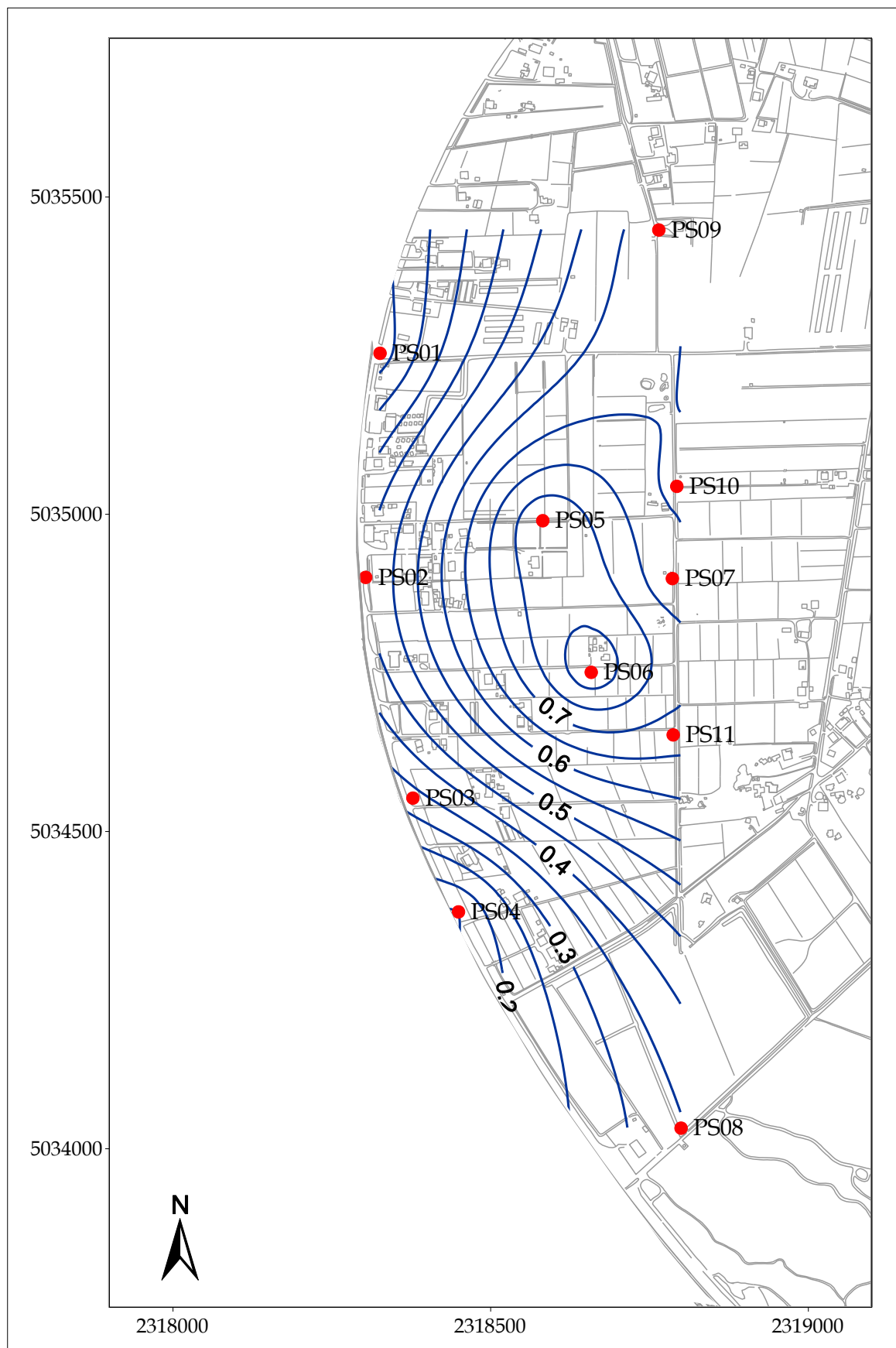


Fig. 2.65 - Piezometri superficiale Fase A - novembre 2005 (h_{fl} - m s.l.m.).

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

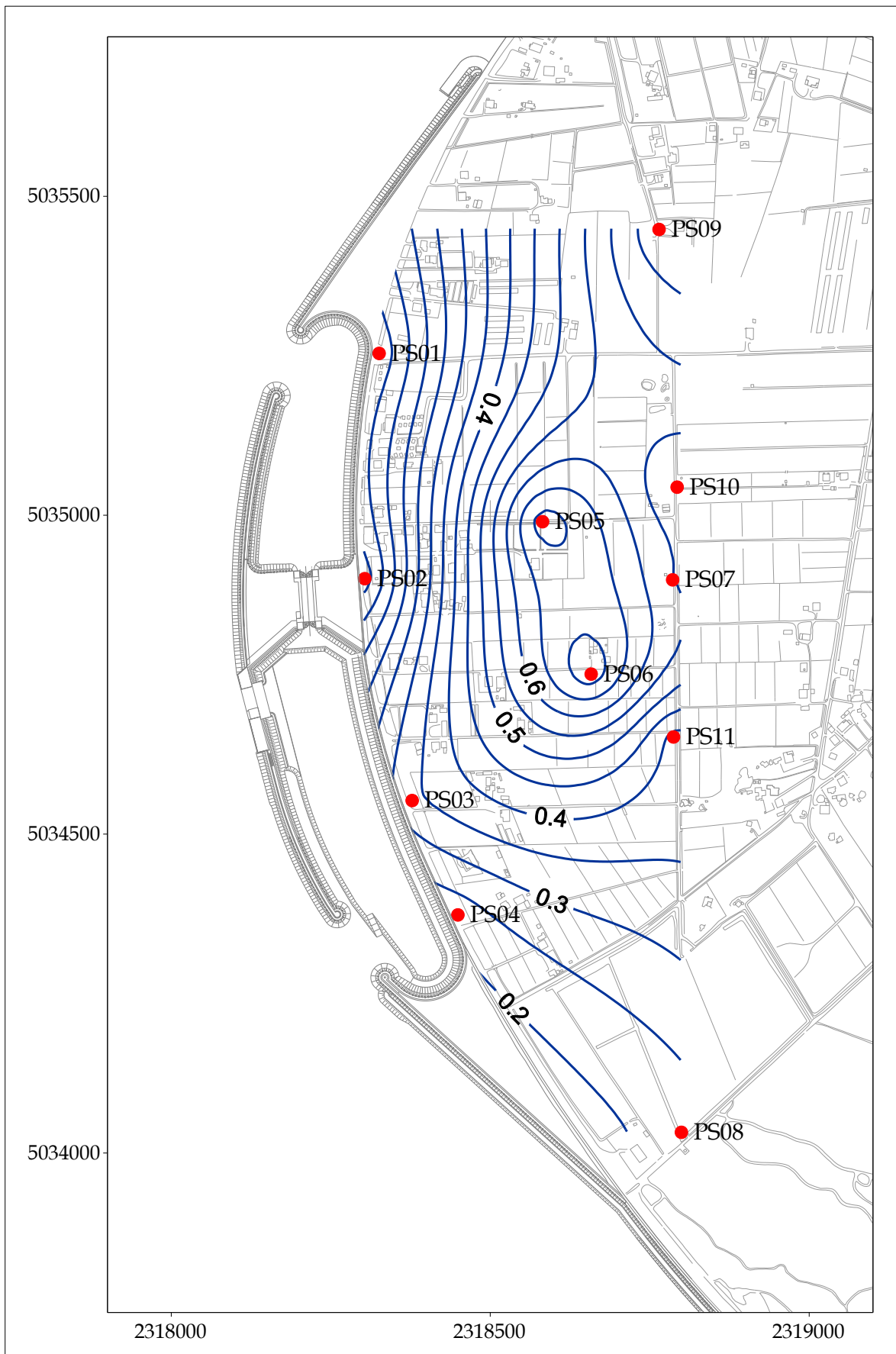


Fig. 2.66- Piezometria superficiale - giugno 2008 (h_u - m s.l.m.).

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

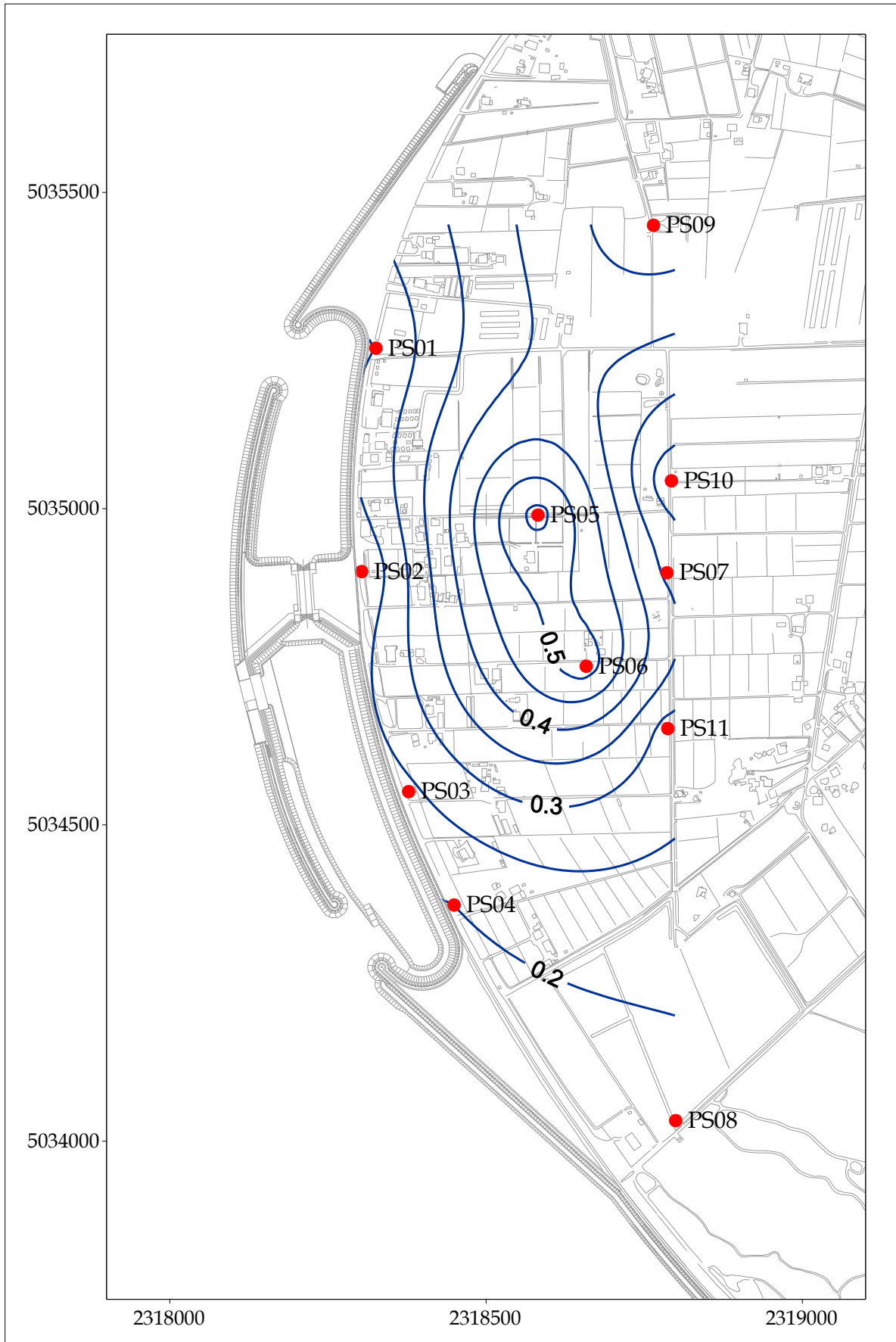


Fig. 2.67 - Piezometria superficiale - settembre 2008 (h_H - m s.l.m.).

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

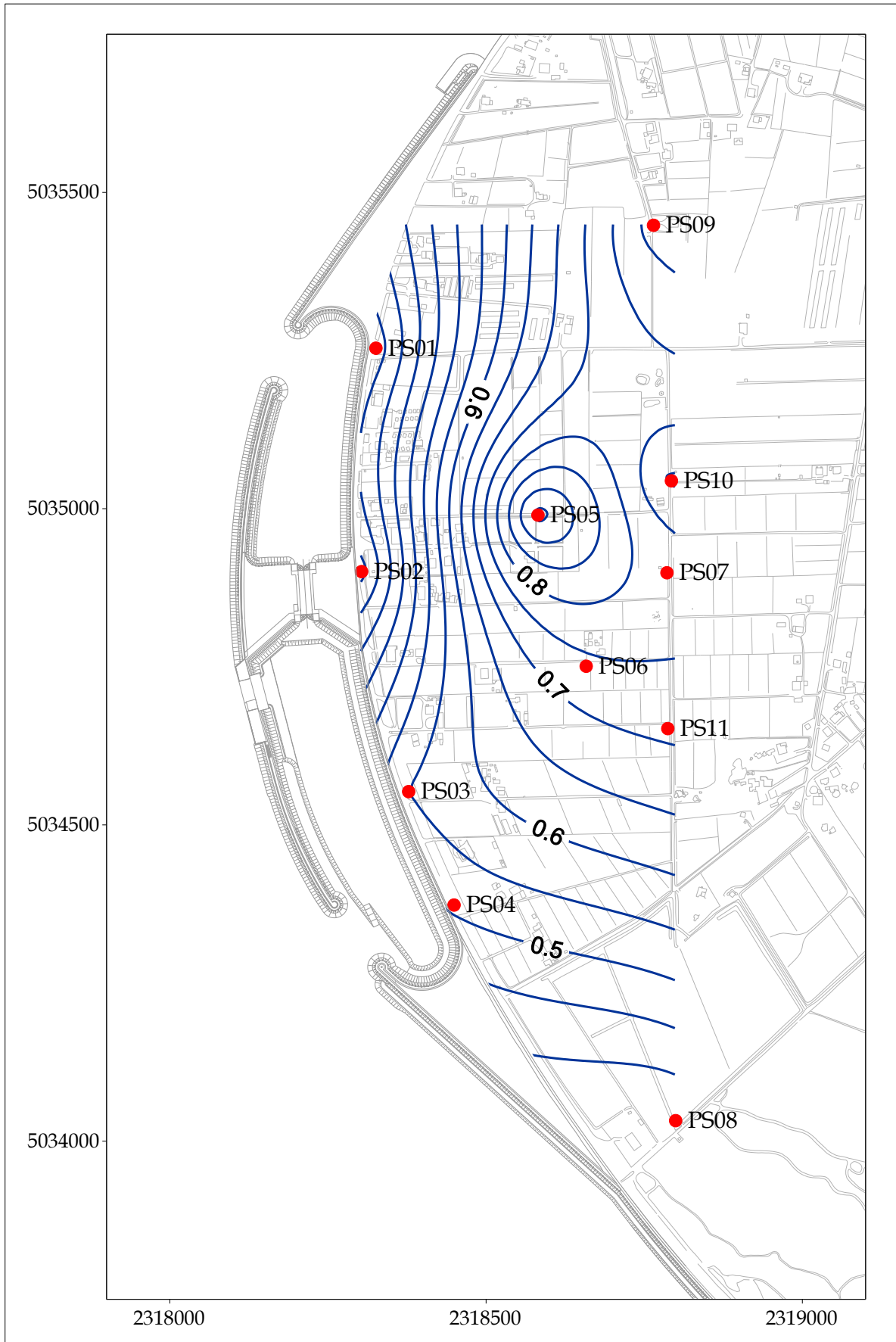


Fig. 2.68 - Piezometria superficiale - novembre 2008 (h_{fl} - m s.l.m.).

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

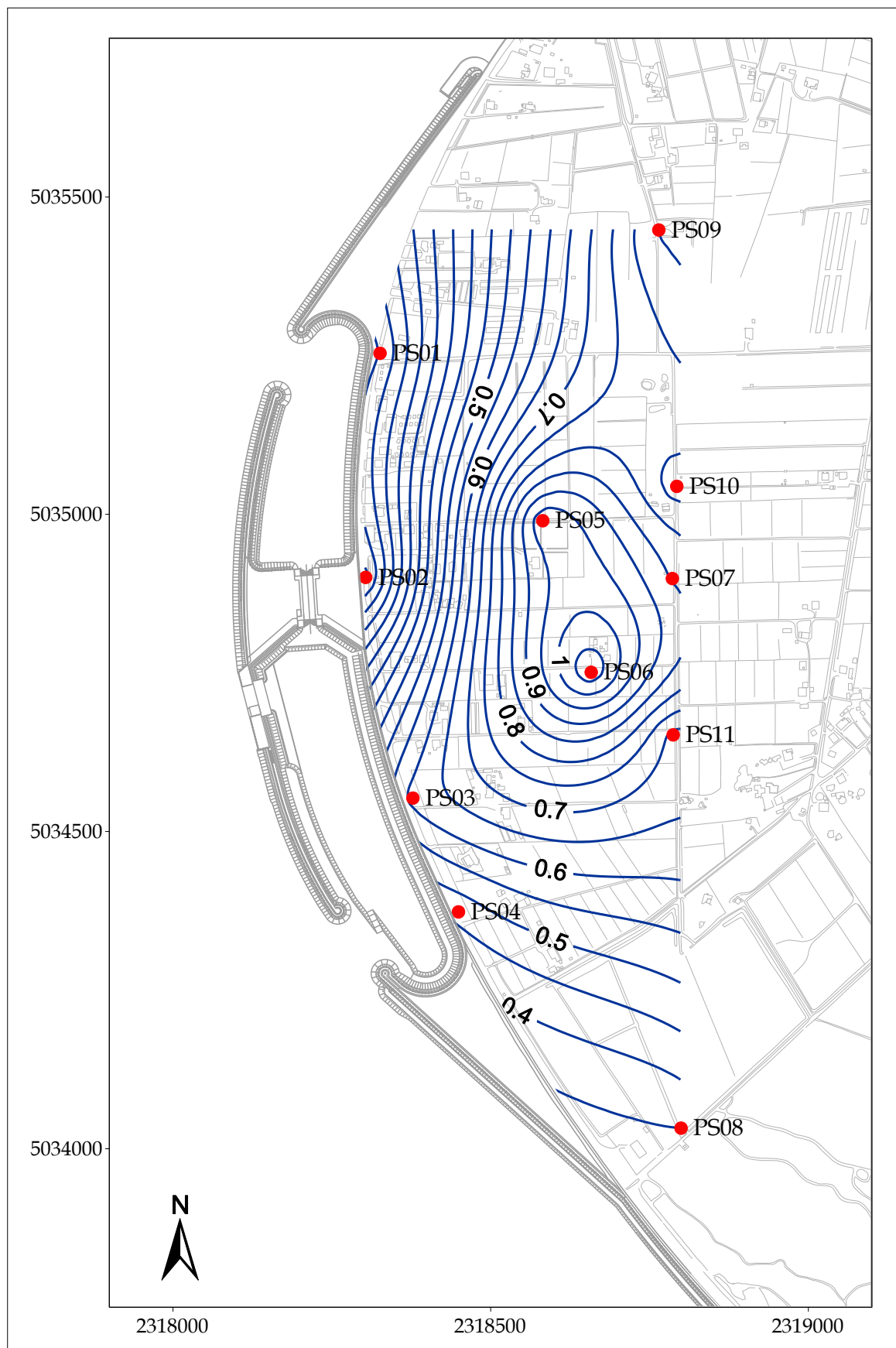


Fig. 2.69 - Piezometria superficiale - gennaio 2009 (h_{tl} - m s.l.m.).

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

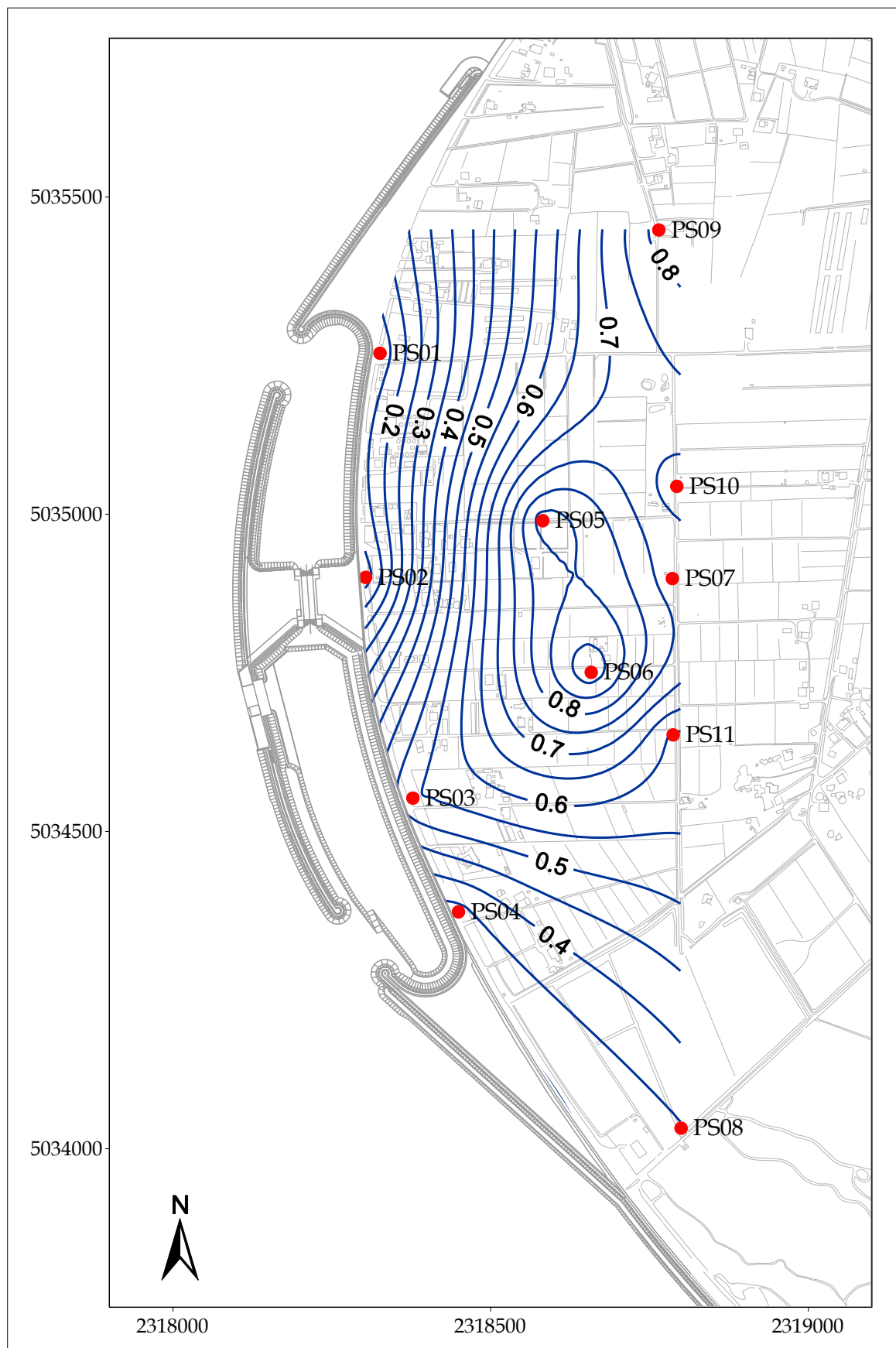


Fig. 2.70 - Piezometria superficiale - aprile 2009 (h_t - m s.l.m.).

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

2.3.2 *Piezometria profonda*

La piezometria del secondo livello acquifero (Strato C) è stata desunta a partire dai valori di battente idrico misurati dai Levelogger posti nei piezometri profondi. In Tab. 2.8 sono riportati i livelli piezometrici riferiti ai cinque istanti temporali scelti per le elaborazioni grafiche e alla Fase A. Nelle Figg. 2.71 - 2.76 sono riportate le relative piezometrie, elaborate con il software Surfer.

Tab. 2.8 - Livelli piezometrici h_{tl} relativi al secondo livello acquifero: Fase A e cinque date di riferimento.

Piezometro	X	Y	z_t (m s.l.m.)	Fase A	Giugno	Settembre	Novembre	Gennaio	Aprile
				h_{tl} (m s.l.m.)	h_{tl} (m s.l.m.)	h_{tl} (m s.l.m.)	h_{tl} (m s.l.m.)	h_{tl} (m s.l.m.)	h_{tl} (m s.l.m.)
PP01	2318325.44	5035252.10	1.801	0.337	-0.35	-0.22	-0.30	-0.240	-0.074
PP02	2318303.40	5034898.36	1.681	0.298	-0.44	-0.34	-0.40	-0.402	-0.288
PP03	2318378.37	5034550.49	1.431	0.353	-2.48	-2.64	-2.67	-2.248	-2.022
PP04	2318448.54	5034374.67	1.416	0.394	-4.76	-4.65	-5.60	-4.113	-3.849
PP05	2318579.81	5034989.68	1.718	0.469	-0.37	-0.33	-0.35	-0.271	-0.160
PP06	2318658.29	5034748.80	1.636	0.375	-0.61	-0.66	-0.67	-0.521	-0.359
PP07	2318786.12	5034900.50	1.318	0.401	-0.07	-0.23	-0.07	0.224	0.328
PP08	2318800.26	5034031.14	0.747	0.260	-0.62	-0.70	-0.71	-0.418	-0.313
PP09	2318765.07	5035445.93	2.255	0.339	-0.03	-0.01	-0.05	-0.010	0.050
PP10	2318793.08	5035045.83	2.086	0.302	-0.34	-0.36	-0.36	-0.290	-0.153
PP11	2318787.40	5034654.31	1.149	0.288	-0.61	-0.65	-0.64	-0.370	-0.227
PP12	2318498.26	5034363.43	1.071	nd	nd	nd	nd	-3.250	-3.031
PP13	2318631.11	5034397.36	1.169	nd	nd	nd	nd	-1.436	-1.201
PP14	2318619.38	5034536.86	1.502	nd	nd	nd	nd	-0.981	-0.851

La configurazione della piezometria profonda risulta molto differente rispetto a quanto registrato durante la Fase A, risentendo delle operazioni di pompaggio della tura lato mare: in particolare nel piezometro PP03 si riscontra un abbassamento di livello di circa 2.5 - 3 m rispetto alla Fase A, mentre nel piezometro PP04 tale diminuzione di livello è pari a circa 4.5 - 6 m; negli altri piezometri i livelli risultano inferiori rispetto a quelli registrati nella Fase A, con differenze comprese tra 10 e 100 cm.

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

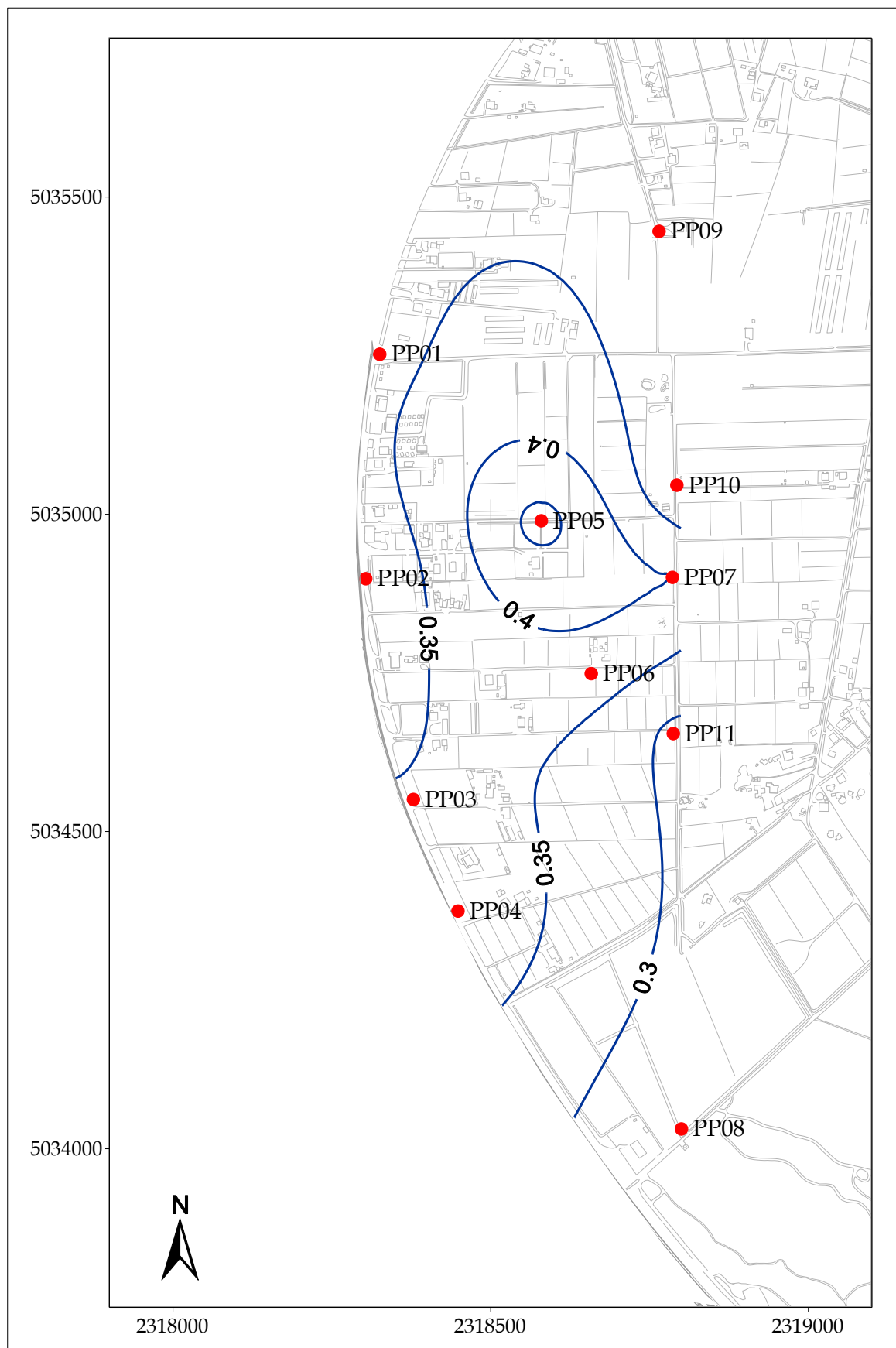


Fig. 2.71- Piezometria profonda Fase A - novembre 2005 (h_{d1} - m s.l.m.).

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

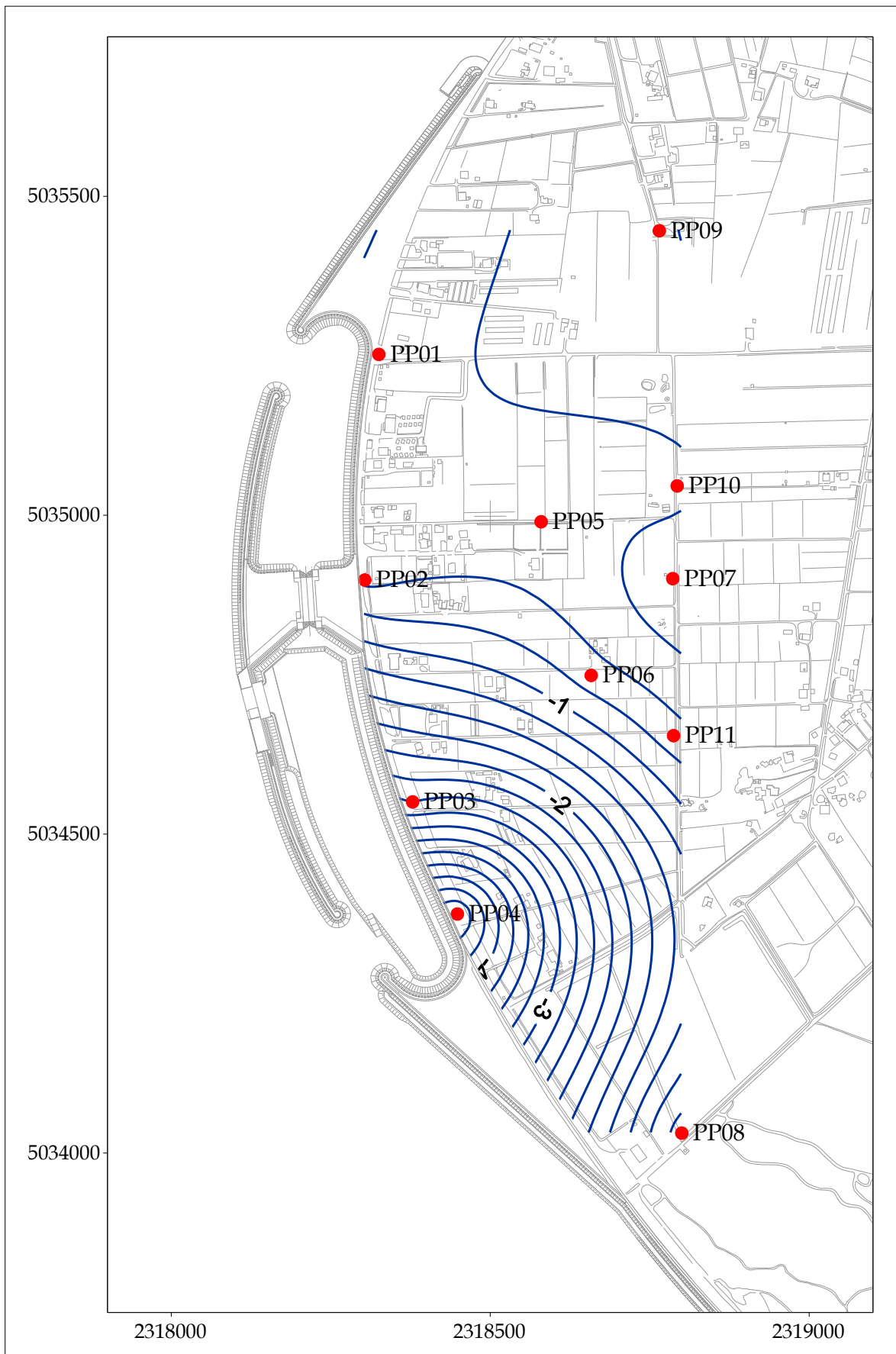


Fig. 2.72 - Piezometria profonda - giugno 2008 (h_{tl} - m s.l.m.)

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

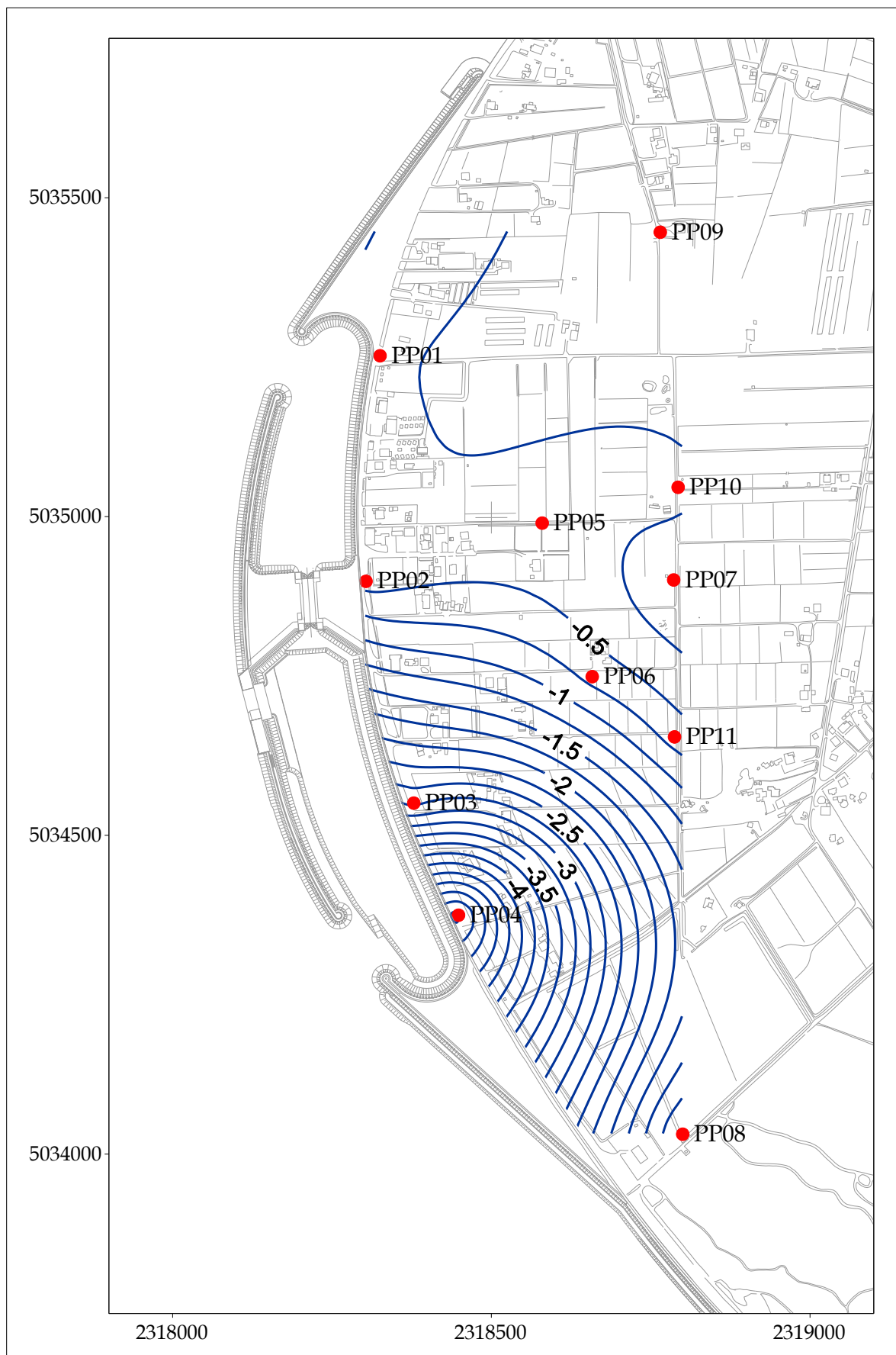


Fig. 2.73 - Piezometria profonda - settembre 2008 (h_{d1} - m s.l.m.).

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

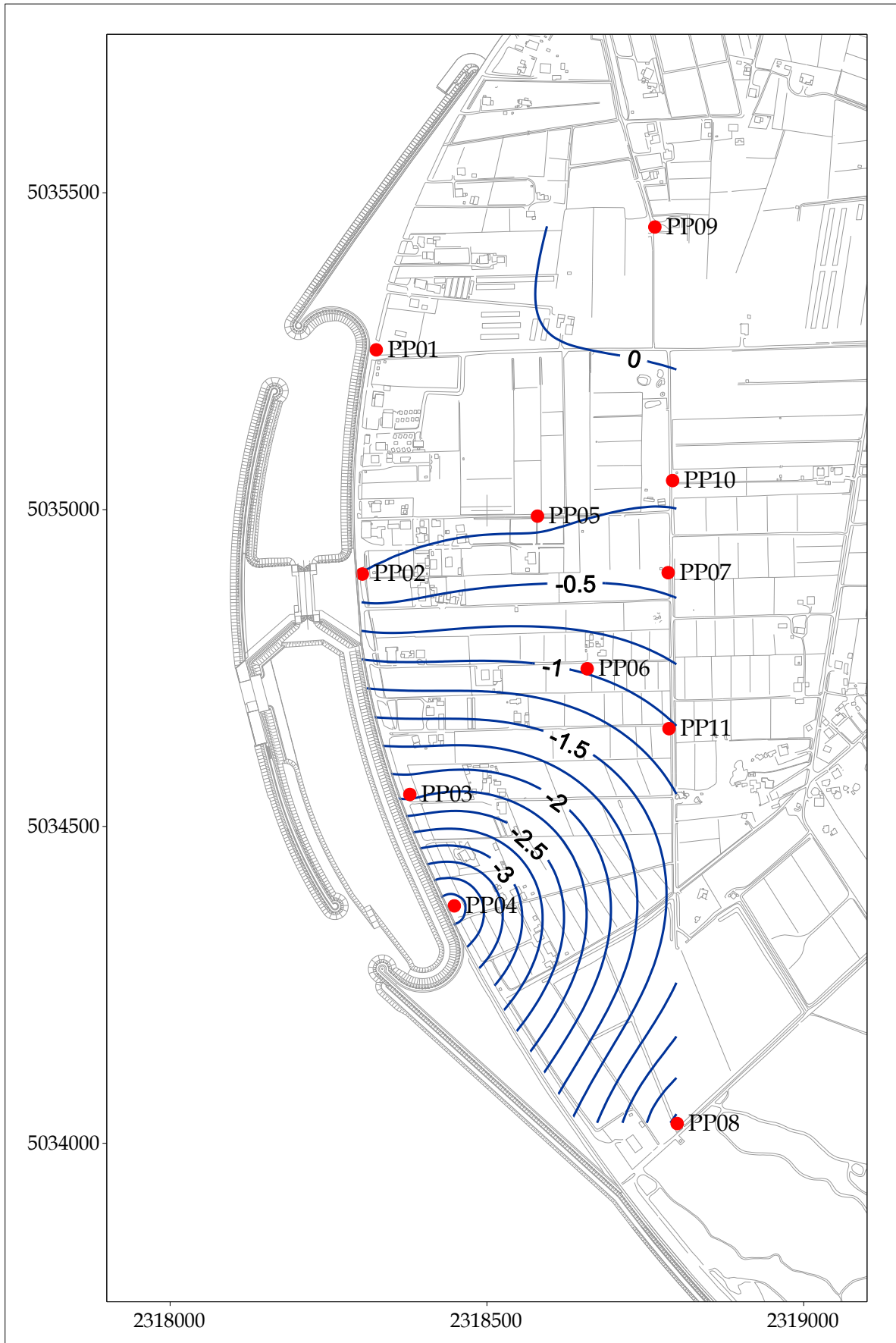


Fig. 2.74 - Piezometria profonda - novembre 2008 (h_d - m s.l.m.).

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

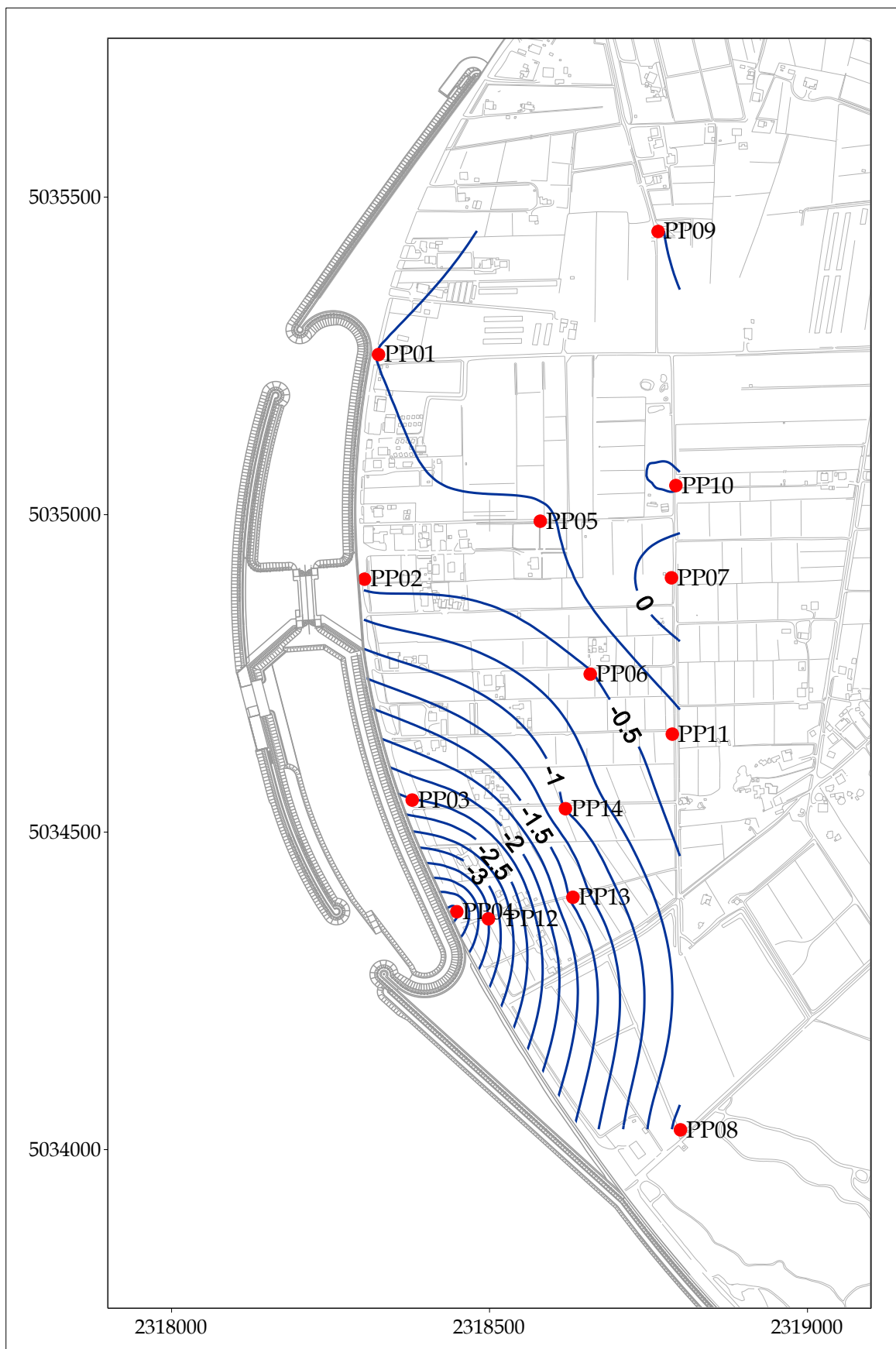


Fig. 2.75 - Piezometria profonda - gennaio 2009 (h_{t1} - m s.l.m.).

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

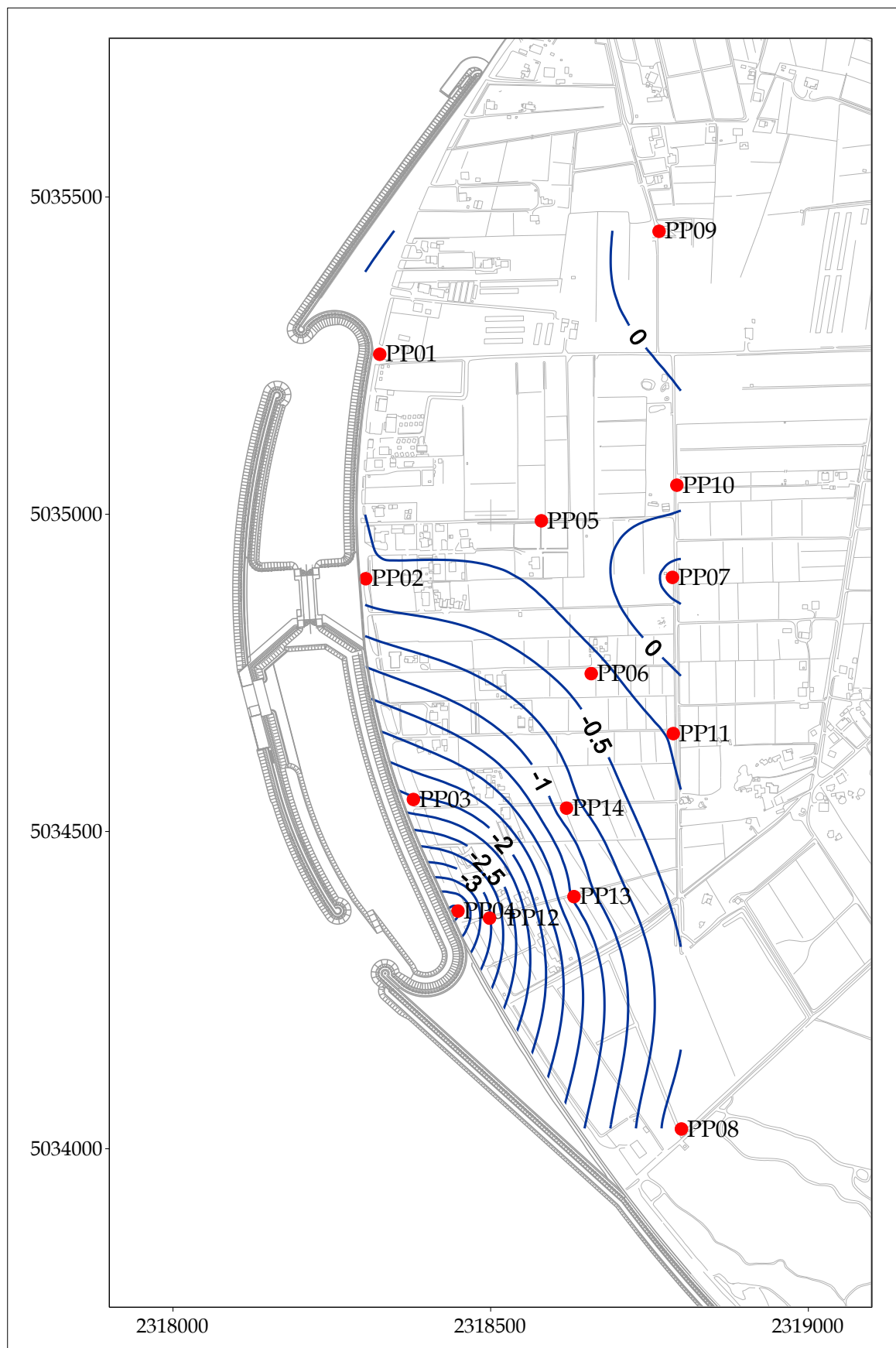


Fig. 2.76 - Piezometria profonda - aprile 2009 (h_{d1} - m s.l.m.).

2.4 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.2.9):

- 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. 2.9 - 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.2.9.

Per quanto riguarda il primo livello acquifero (Strato A), le soglie di Basso Livello Istantaneo e Medio sono state rispettate per tutto il periodo monitorato (01/05/08 - 30/04/09).

Le soglie di Alto Livello Istantaneo e Medio sono state superate nei piezometri superficiali in occasione di alcuni eventi piovosi intensi, in particolare:

- nel piezometro PS06, nei giorni 15-17/12/08, 03/02/09, 07-08/02/09;
- nel piezometro PS07, il 12/12/08 per la soglia di Alto Livello Istantaneo;
- nel piezometro PS08, nei giorni 13/11/08, 15-18/12/08, 03-04/02/09, 08/02/09, 29-31/03/09;
- nel piezometro PS11, nei giorni 16/08/08, 13/11/08, 15-16/12/08, 03/02/09, 29/03/09 (solo la soglia di Alto Livello Istantaneo).

Per quanto riguarda il secondo livello acquifero (Stato C), le soglie di Alto Livello Istantaneo e Medio sono sempre state rispettate.

Nei piezometri profondi, la soglia di Basso Livello Istantaneo è stata rispettata per tutto il periodo monitorato (01/05/08 - 30/04/09) soltanto nel piezometro PP07. I superamenti della soglia di BLI sono avvenuti:

- nei piezometri PP03 e PP04 per tutto il periodo monitorato;
- nei piezometri PP12, PP13 e PP14 per tutto il periodo nel quale sono stati misurati i livelli di falda (08/12/08 - 30/04/09);
- negli altri piezometri profondi si sono registrati superamenti della soglia di BLI in occasione dei massimi mareali.

Nei piezometri profondi, la soglia di Basso Livello Medio è stata superata:

- per tutto il periodo di monitoraggio (01/05/08 - 30/04/09) nei piezometri PP03 e PP04;
- nei piezometri PP12, PP13 a partire dall'inizio delle misurazioni (08/12/08 - 30/04/09);
- nel PP06 in data 04/11/08, 01/12/08 e 11/12/2008;
- nel PP08 nei giorni 26-28/09/08, 10-12/10/08 e 26/10/08;
- nel PP11 in data 05/11/08;
- nel piezometro PP14 si alternano fasi di in cui la soglia di Basso Livello Medio viene superata ad altre nelle quali viene rispettata;
- negli altri piezometri profondi (PP01, PP02, PP05, PP07, PP09, PP10) la soglia di Basso Livello Medio è stata rispettata per tutto il periodo monitorato.

2.5 ANALISI DELLA DENSITA' DELL'ACQUA DI FALDA

2.5.1 *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. 2.77 - 2.87 sono rappresentati i profili di densità dei piezometri superficiali, mentre nelle Figg. 2.88 - 2.98 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 retta tratteggiata orizzontale indica la quota in cui è posto il trasduttore di pressione.

Nei piezometri superficiali PS01, PS03, PS04, PS08, PS10 si osserva un aumento della densità dell'acqua di falda nel periodo giugno-settembre 2008, attribuibile alla riduzione dei livelli di falda superficiale in seguito alla forte evapotraspirazione nei mesi estivi e alla conseguente minore diluizione dei sali presenti.

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

Nei piezometri profondi, ad eccezione del PP03 e del PP07, si osservano variazioni stagionali simili a quelle riscontrate negli omologhi piezometri superficiali, ma di minore intensità, con un aumento nel periodo giugno-settembre 2008.

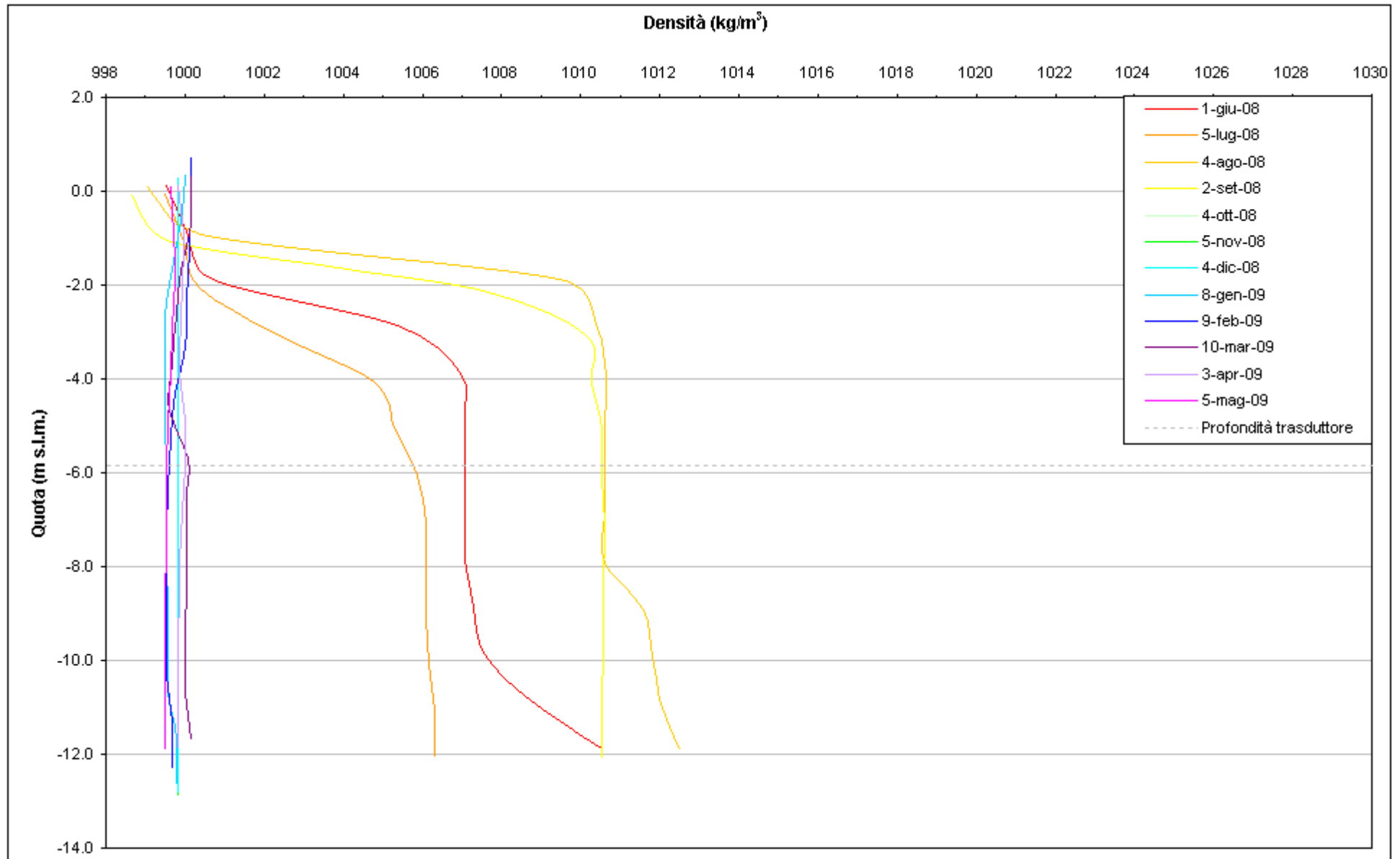


Fig. 2.77 - Profili verticali di densità PS01.

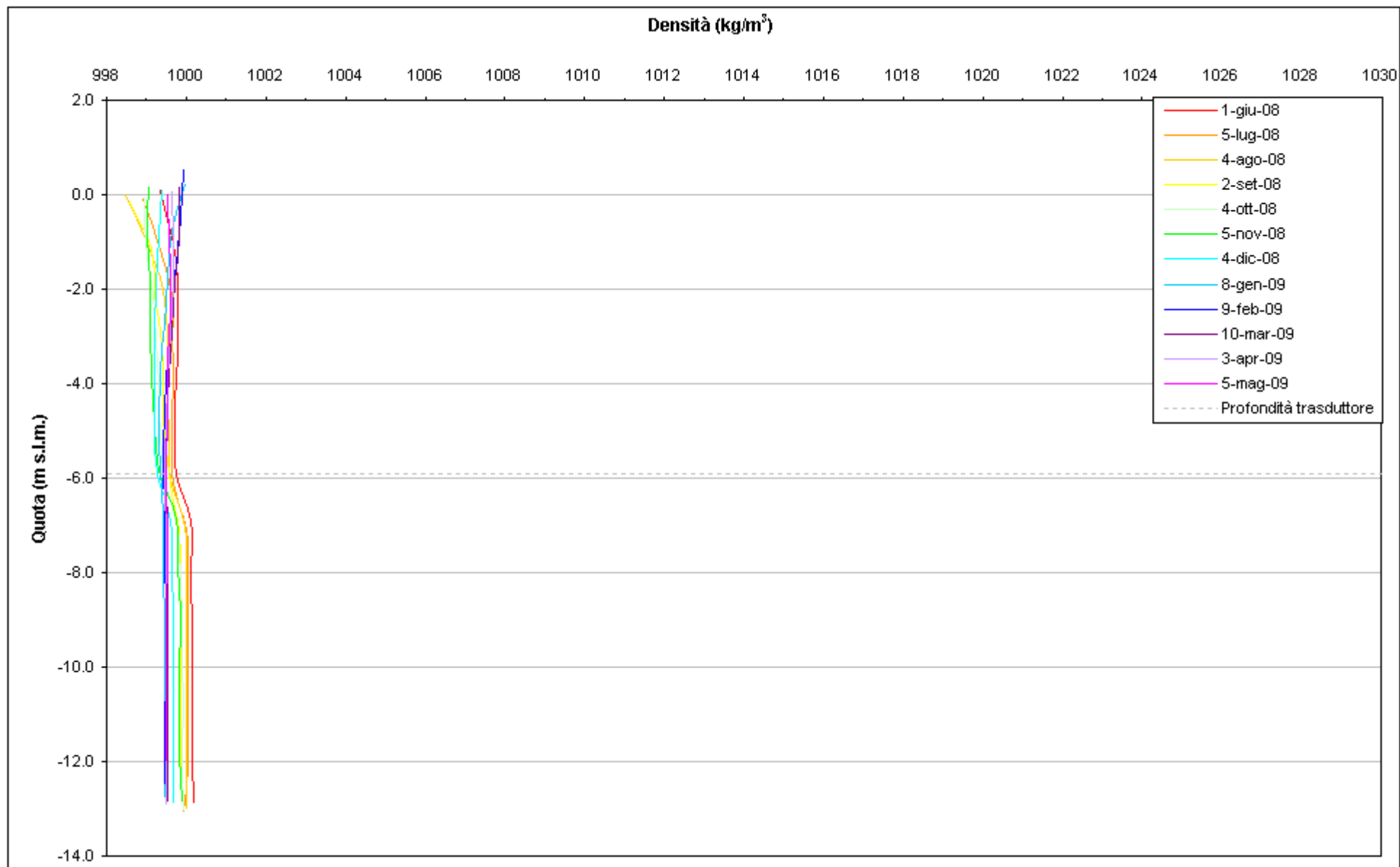


Fig. 2.78 - Profili verticali di densità PS02.

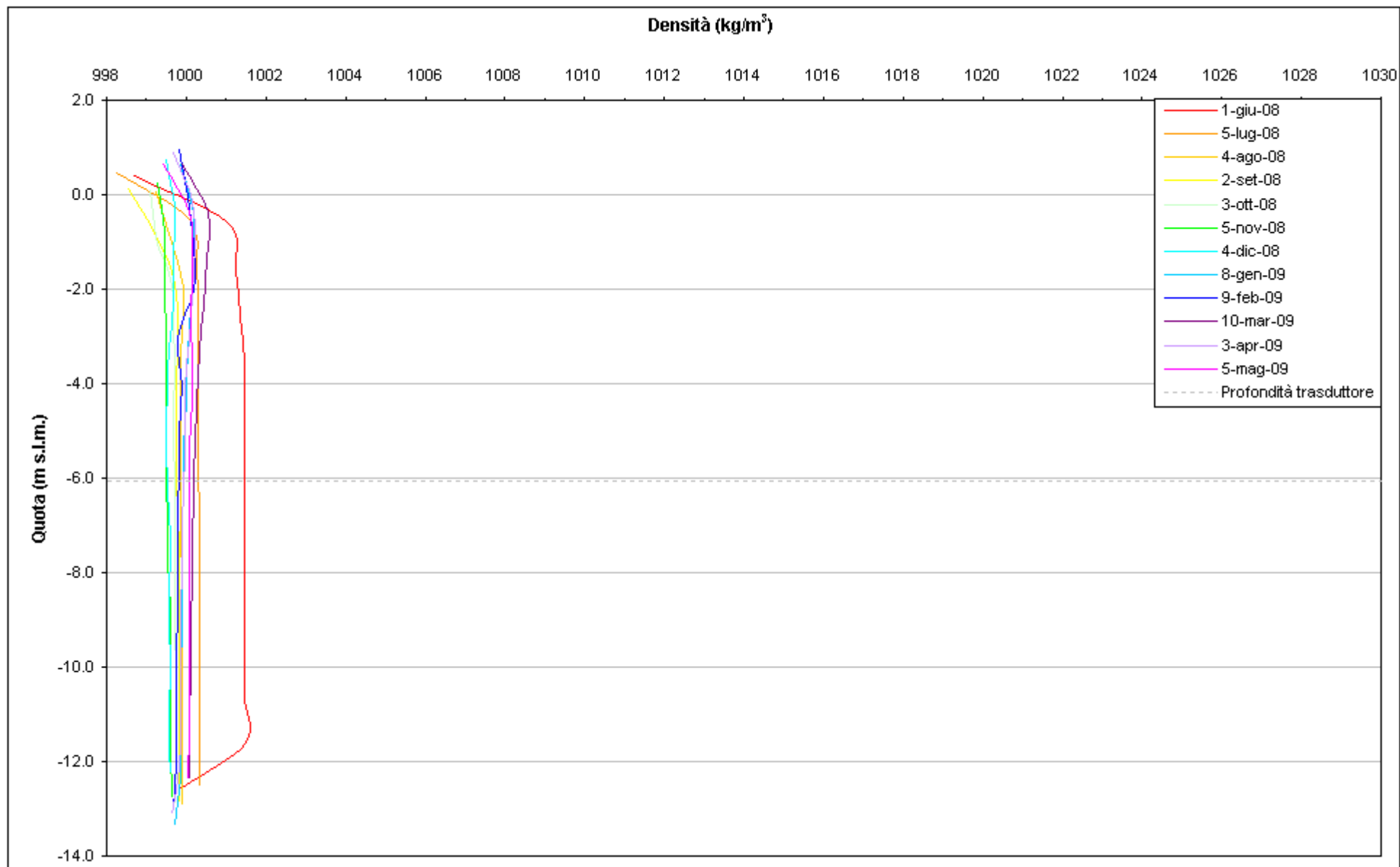


Fig. 2.79 - Profili verticali di densità PS03.

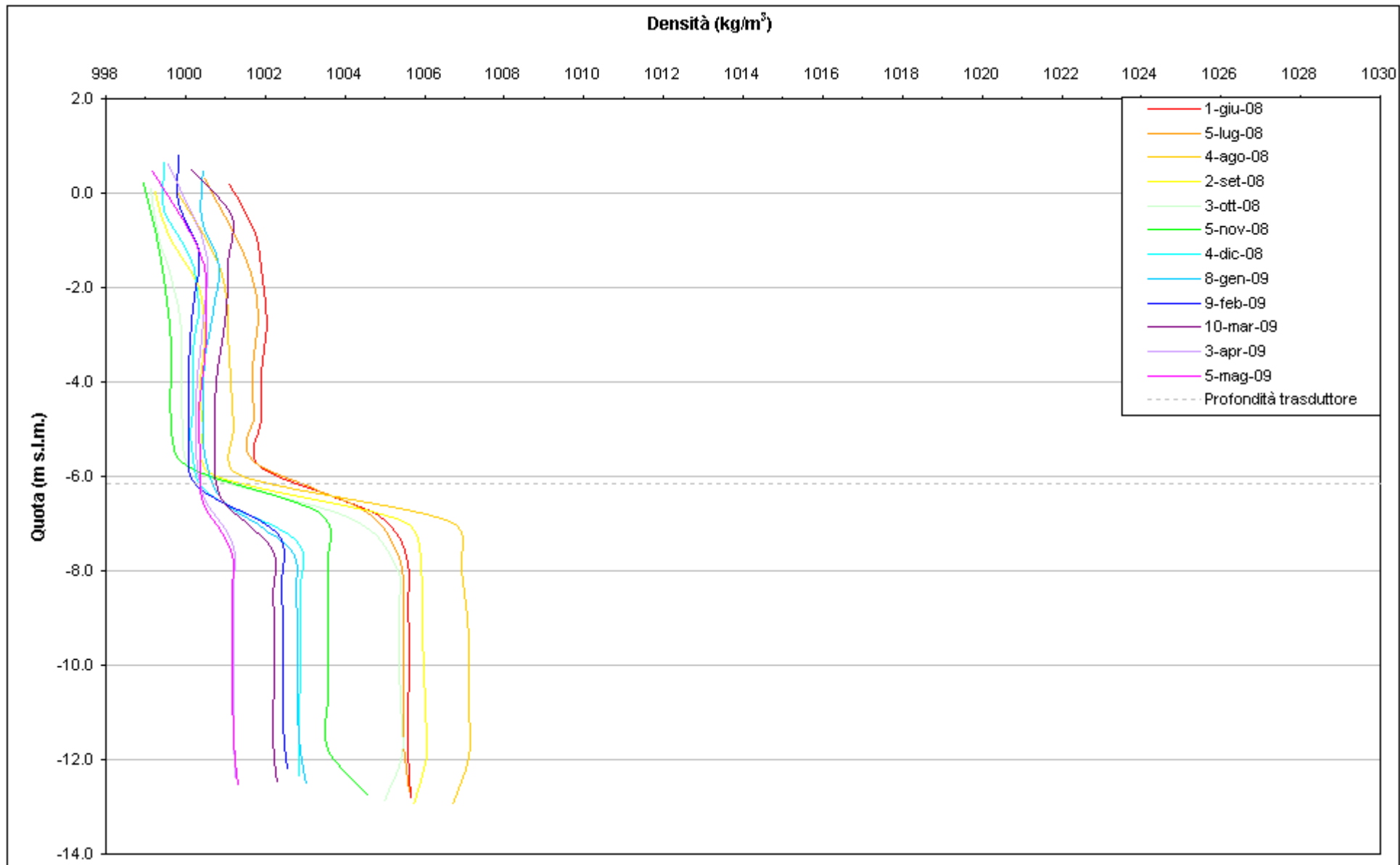


Fig. 2.80 - Profili verticali di densità PS04.

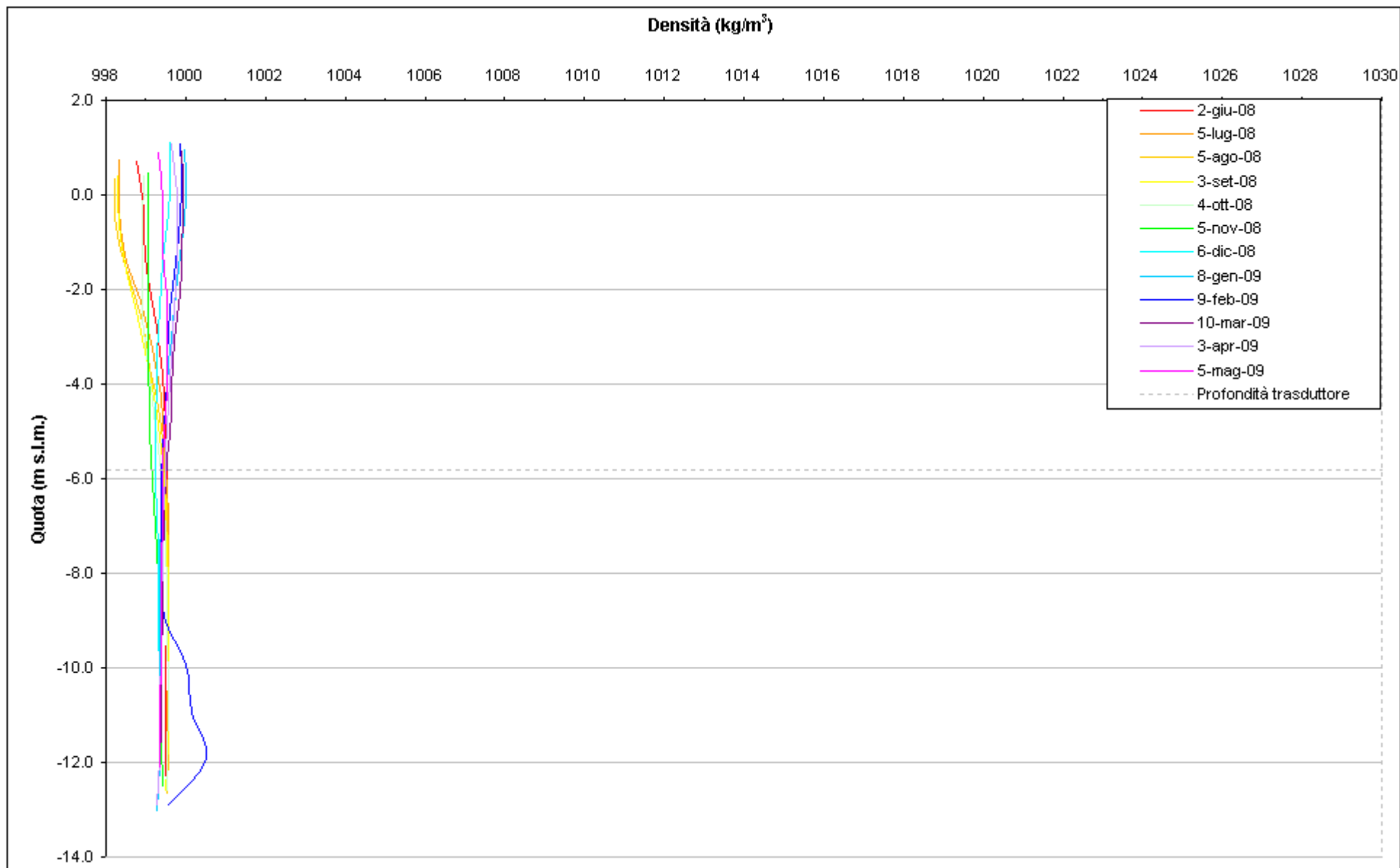


Fig. 2.81 - Profili verticali di densità PS05.

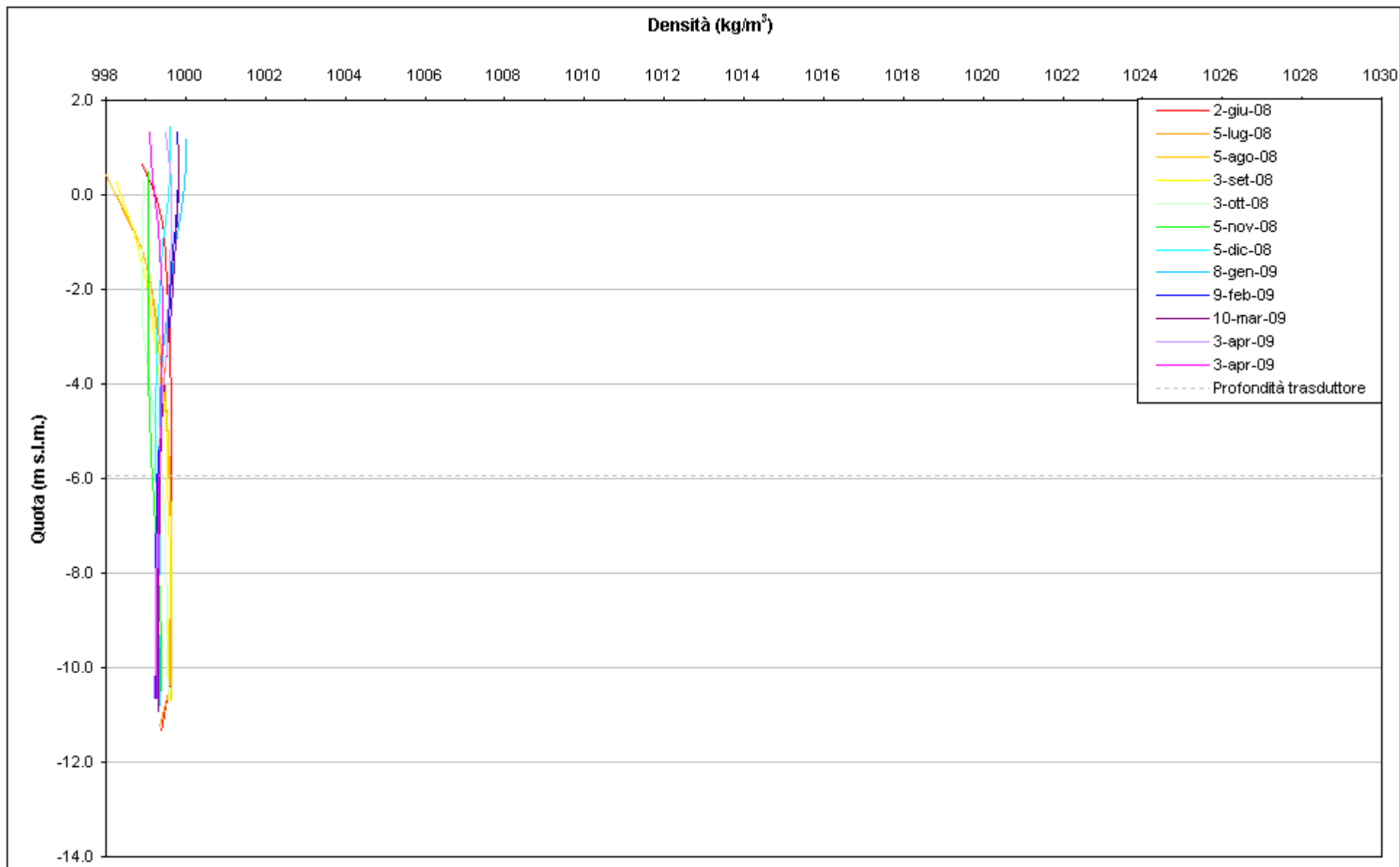


Fig. 2.82 - Profili verticali di densità PS06.

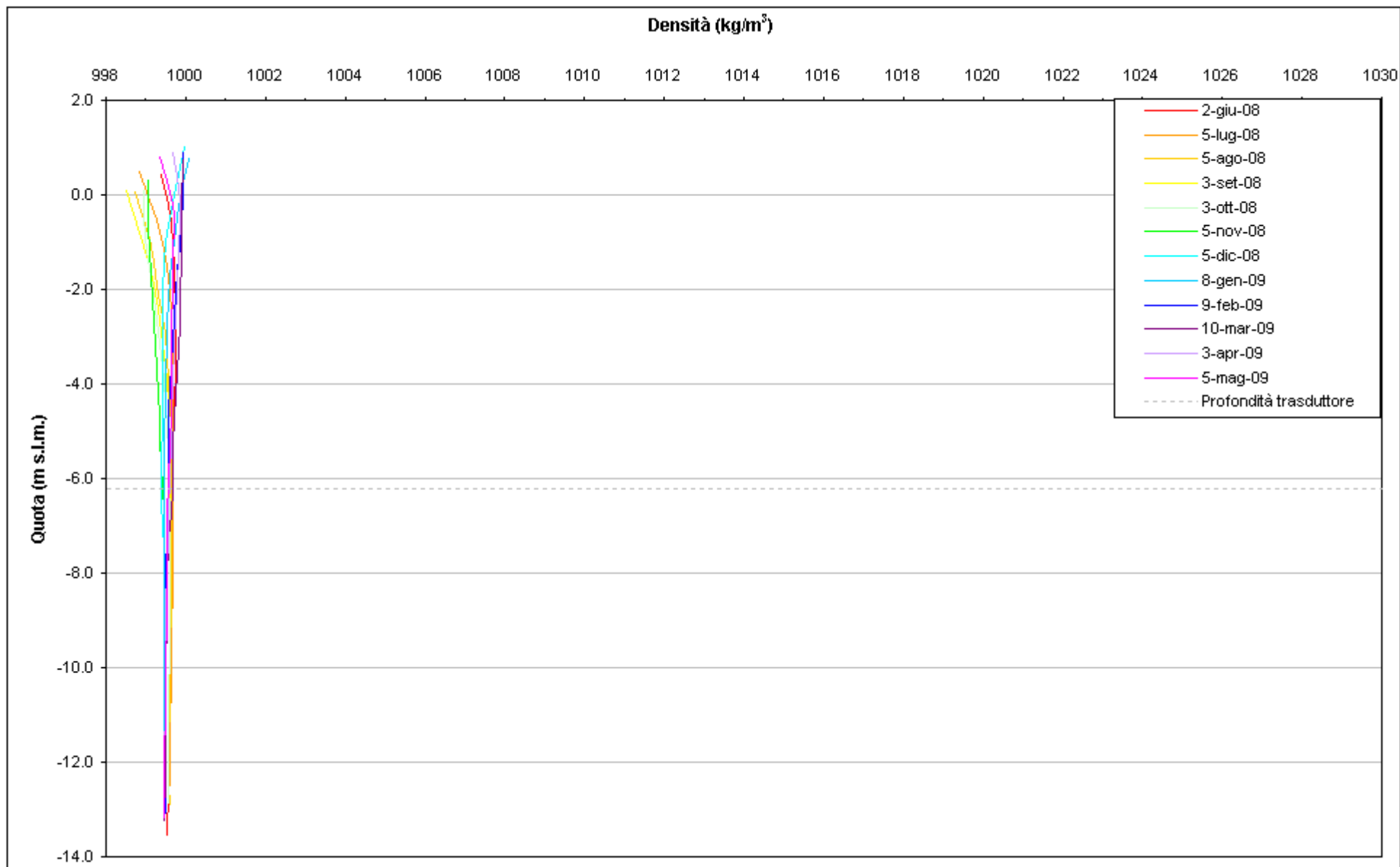


Fig. 2.83 - Profili verticali di densità PS07.

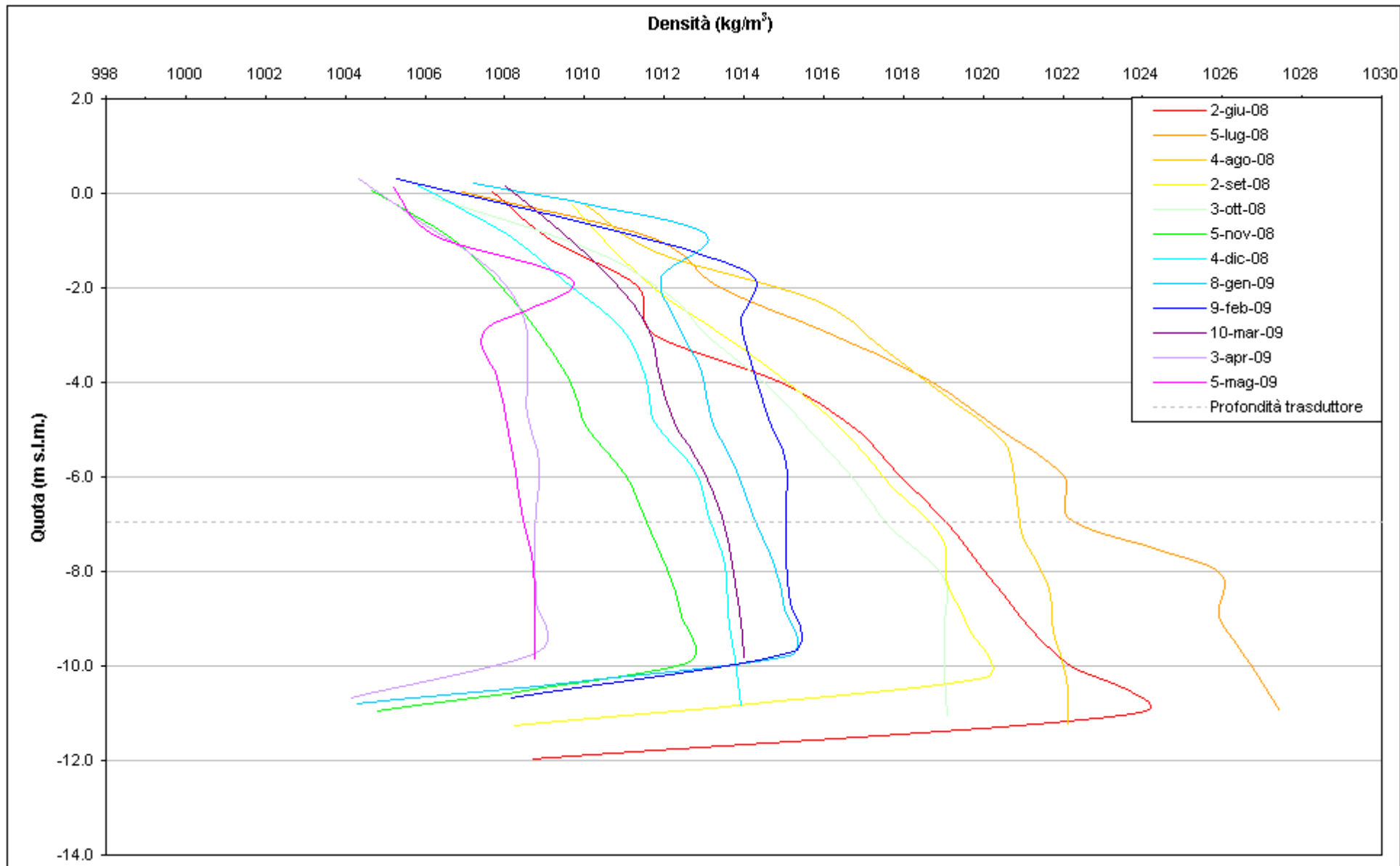


Fig. 2.84 - Profili verticali di densità PS08.

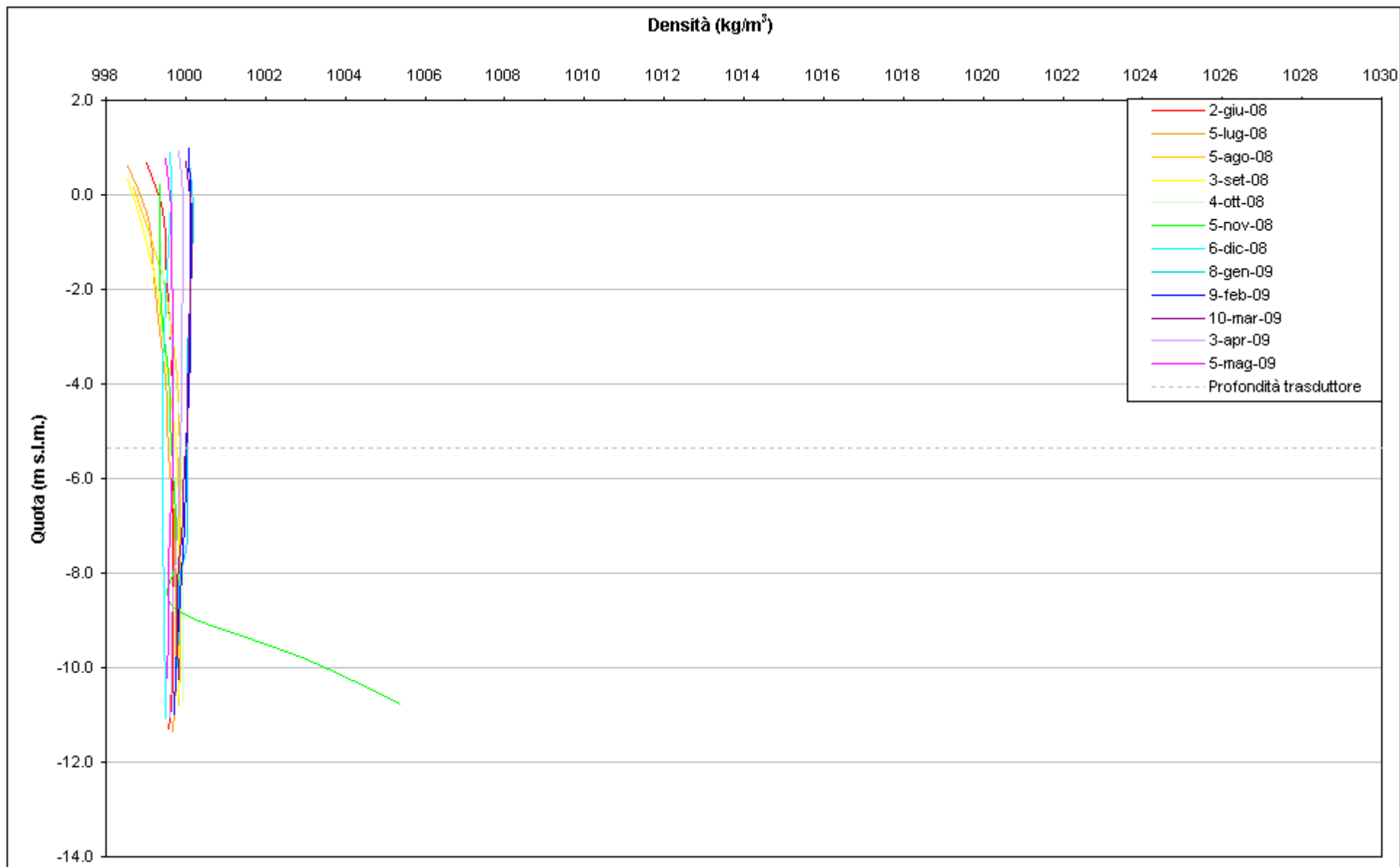


Fig. 2.85 - Profili verticali di densità PS09.

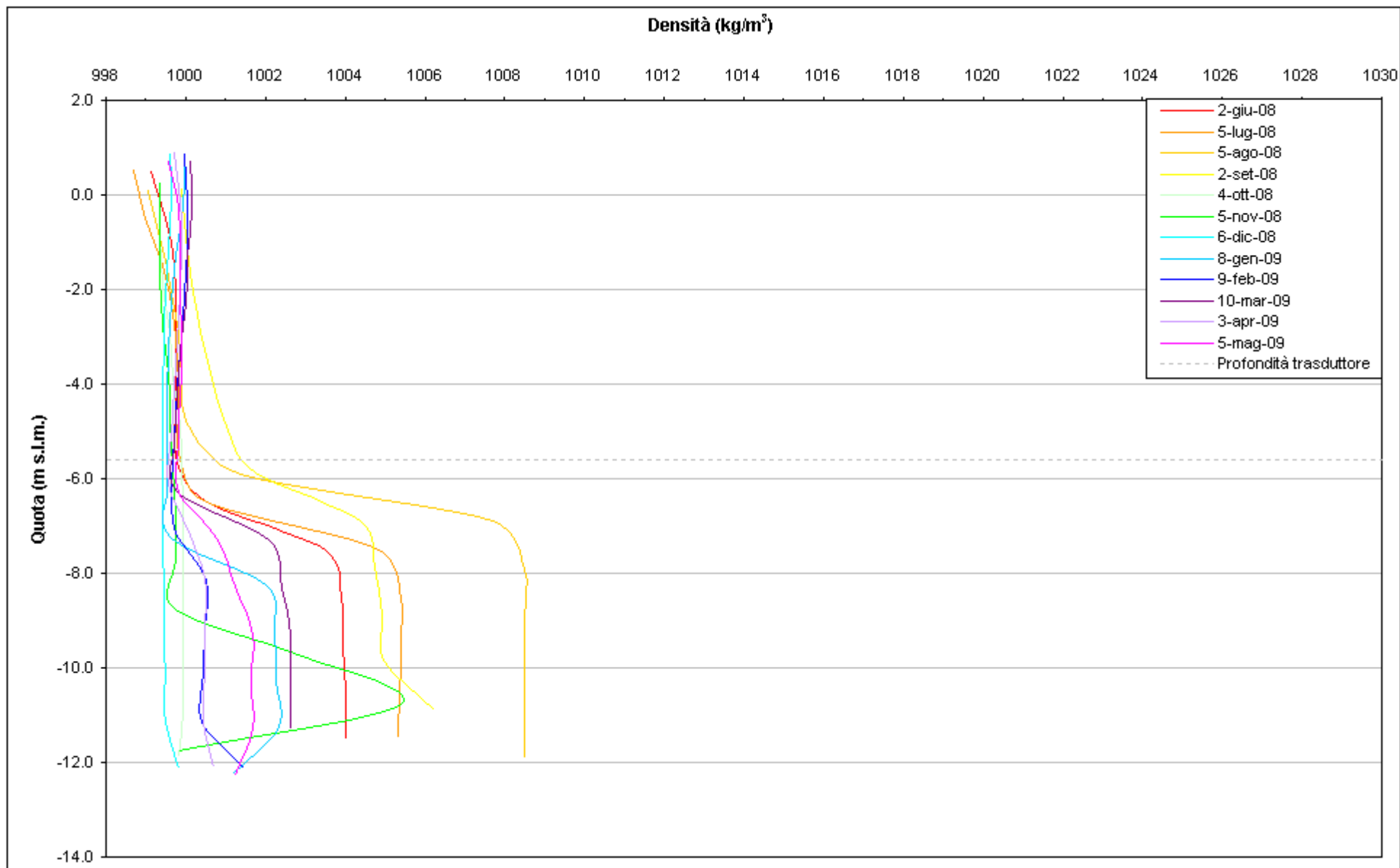


Fig. 2.86 - Profili verticali di densità PS10.

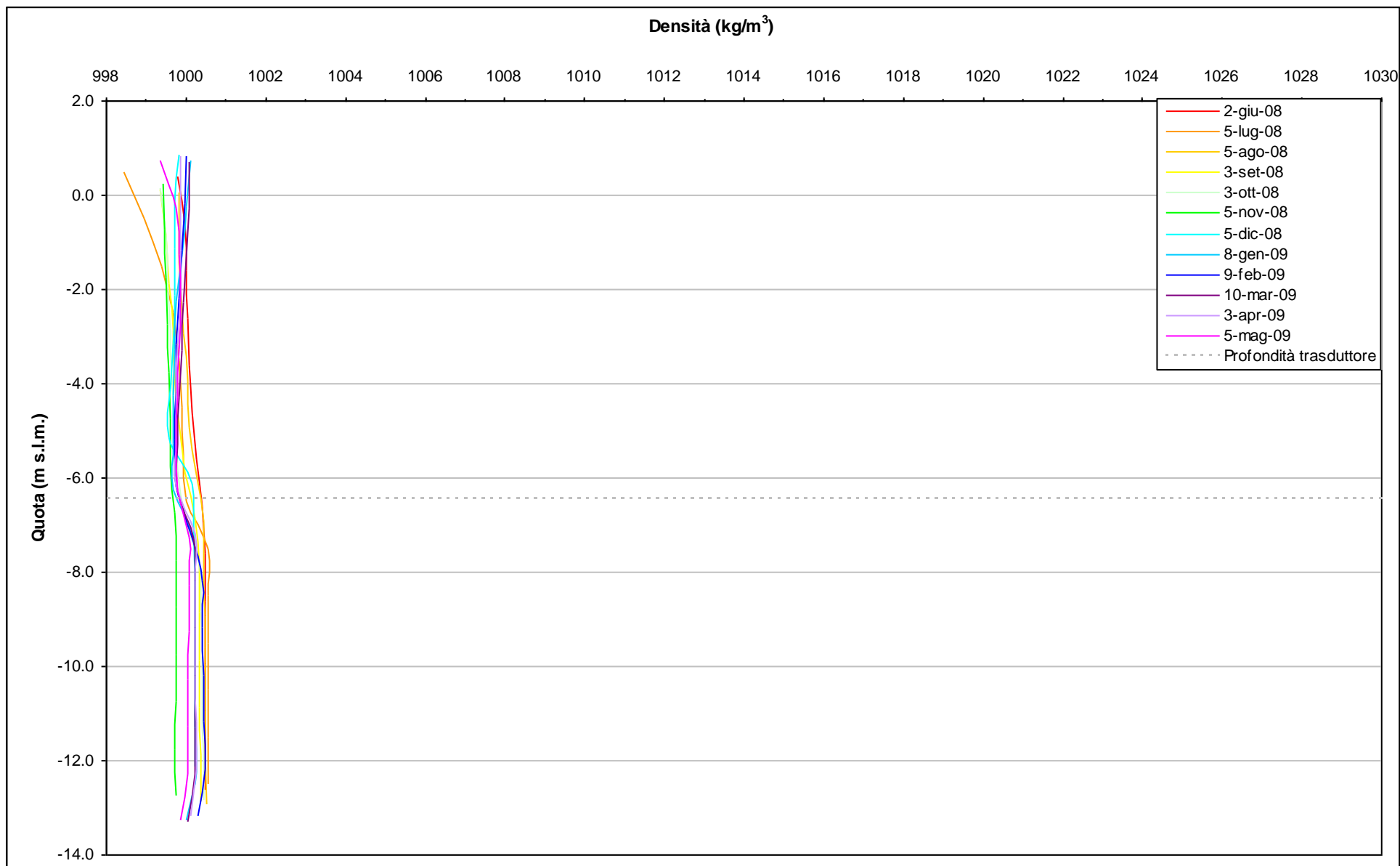


Fig. 2.87 - Profili verticali di densità PS11.

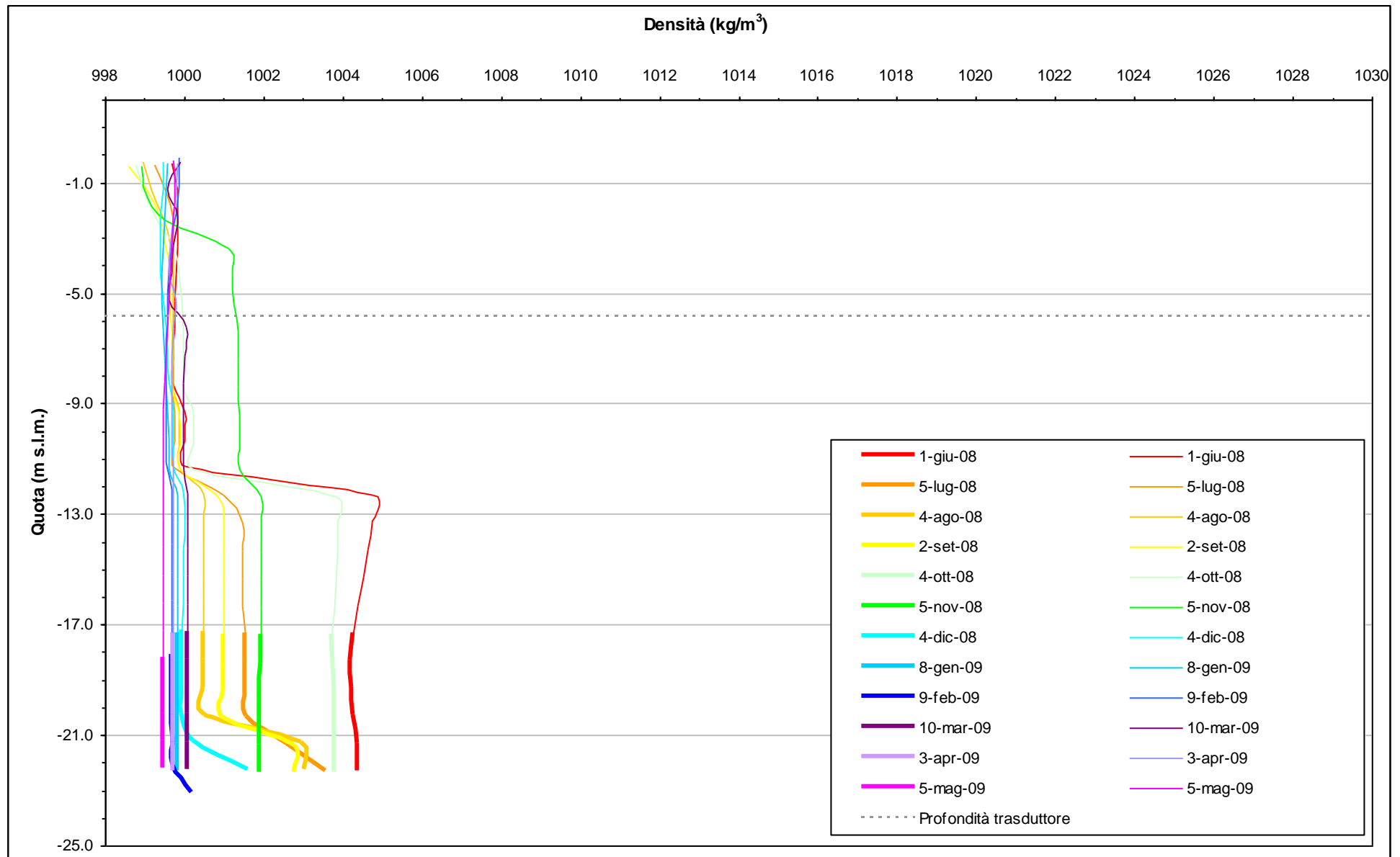


Fig. 2.88 - Profili verticali di densità PP01.

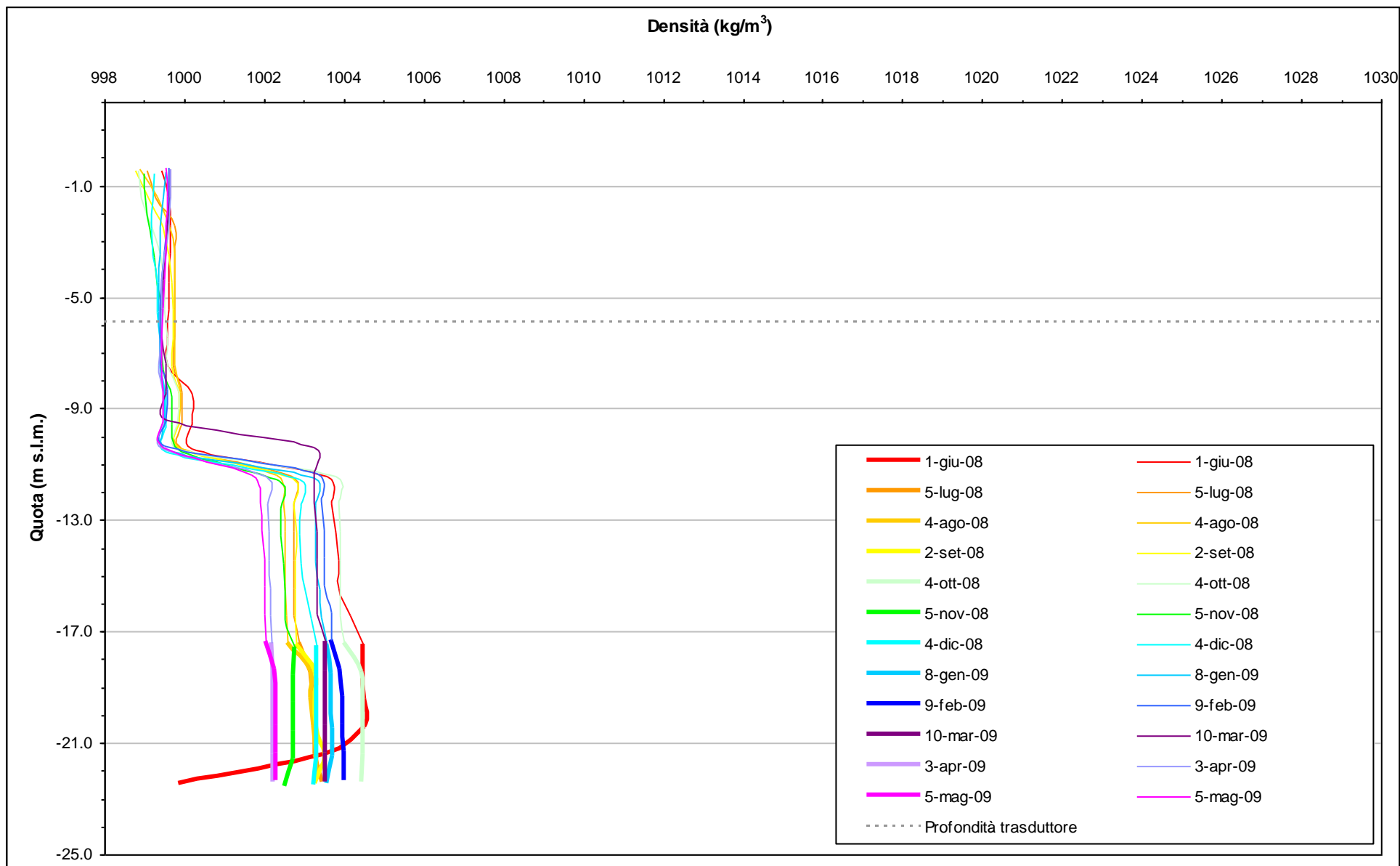


Fig. 2.89 - Profili verticali di densità PP02.

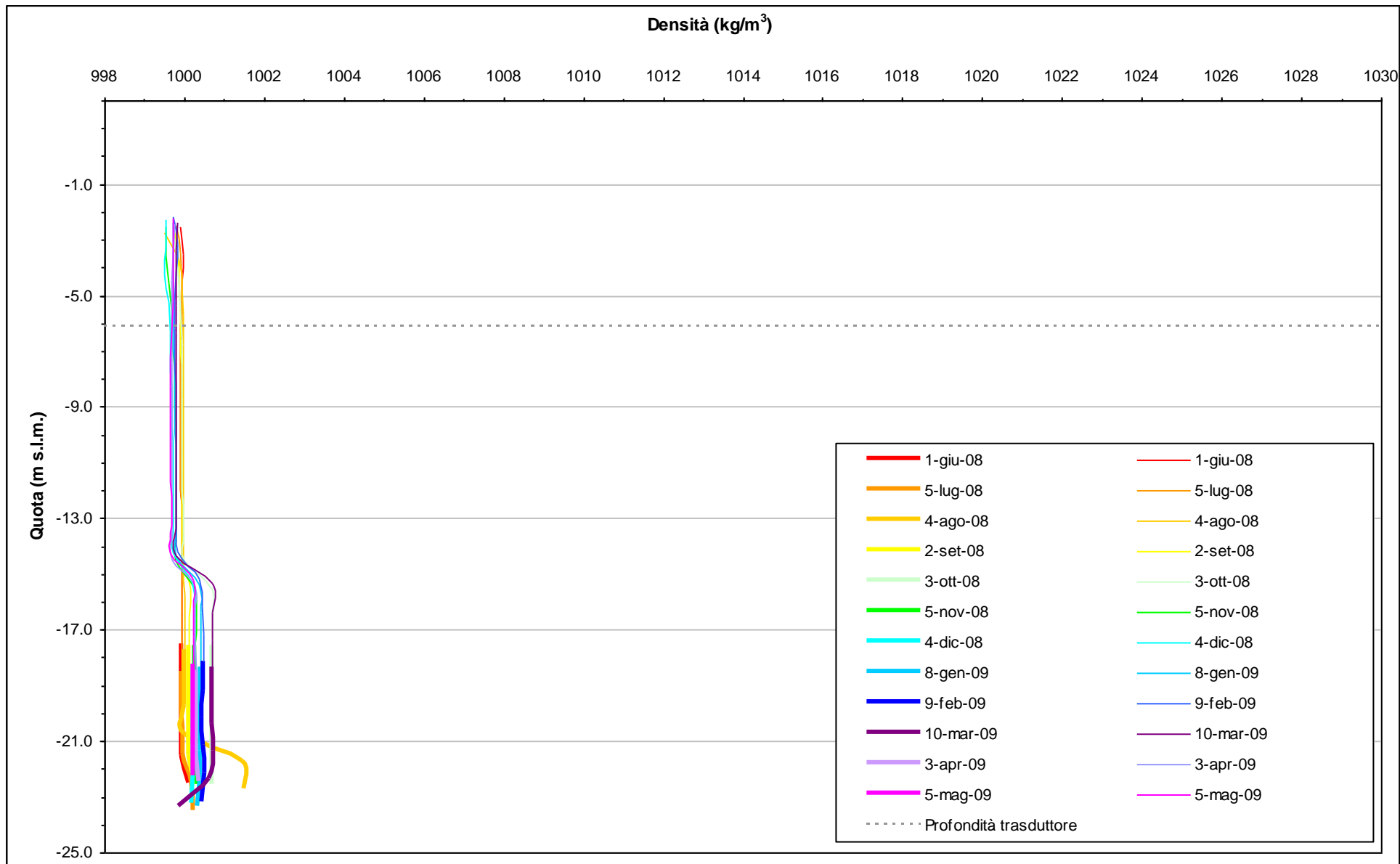


Fig. 2.90 - Profili verticali di densità PP03.

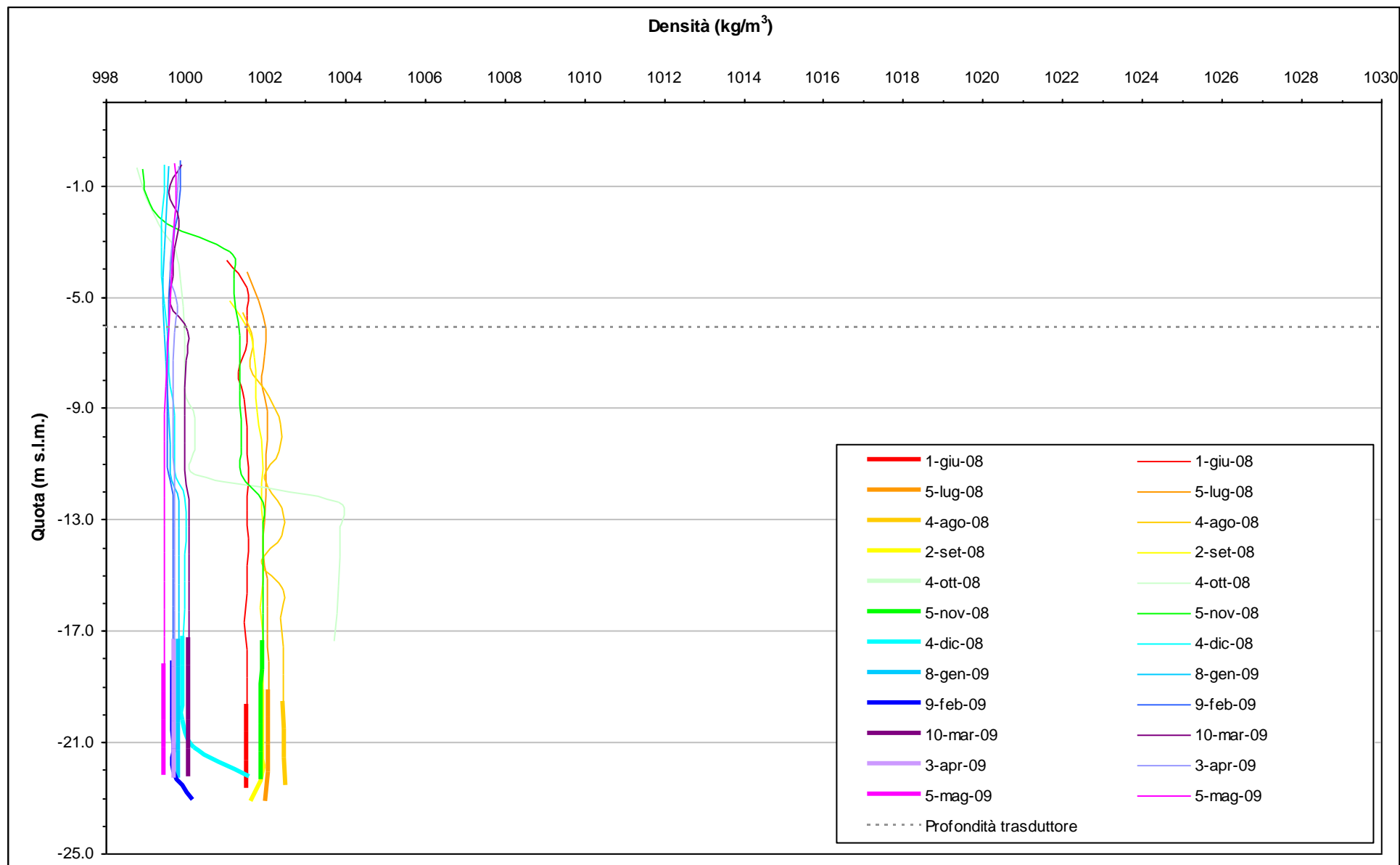


Fig. 2.91 - Profili verticali di densità PP04.

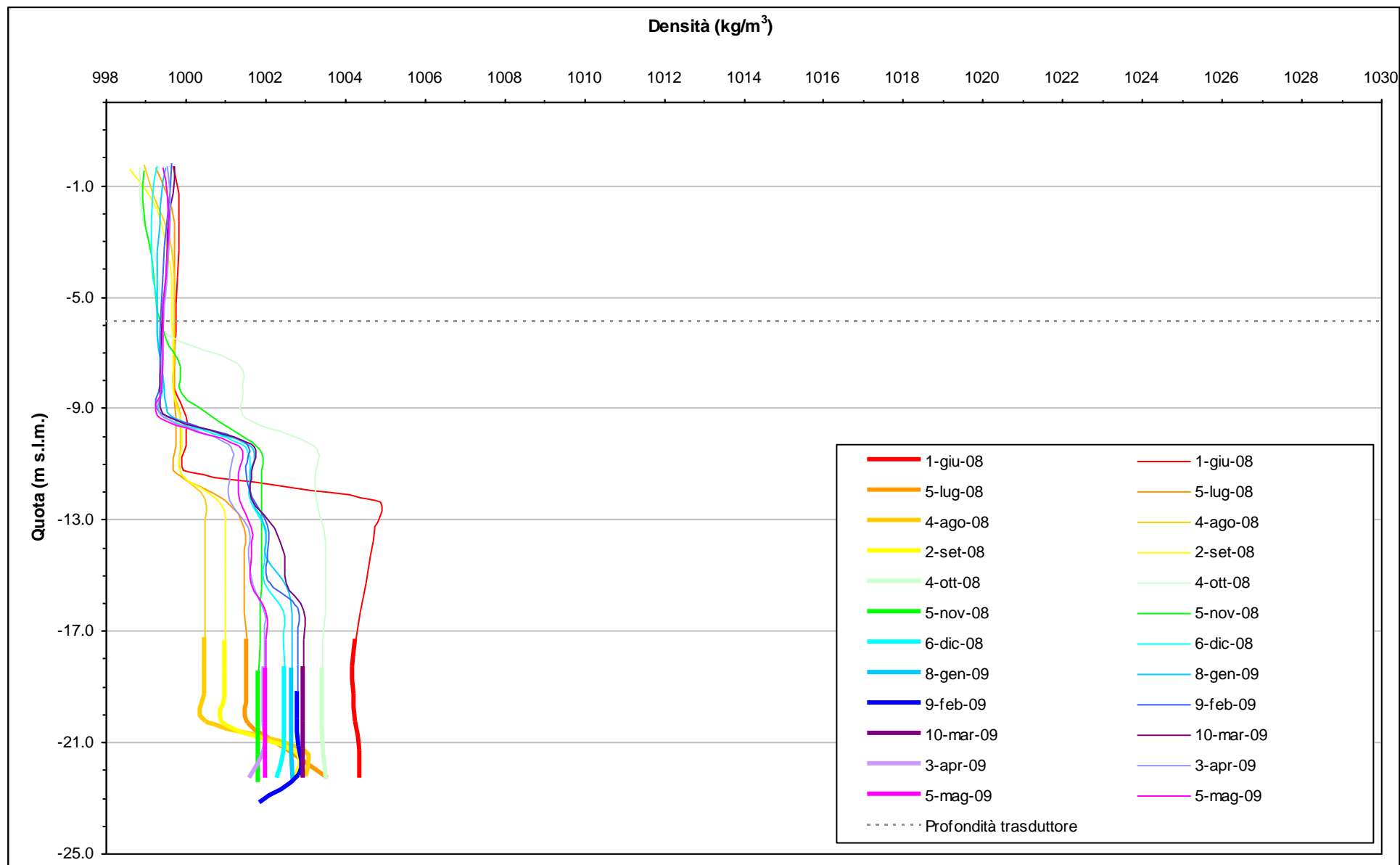


Fig. 2.92 - Profili verticali di densità PP05.

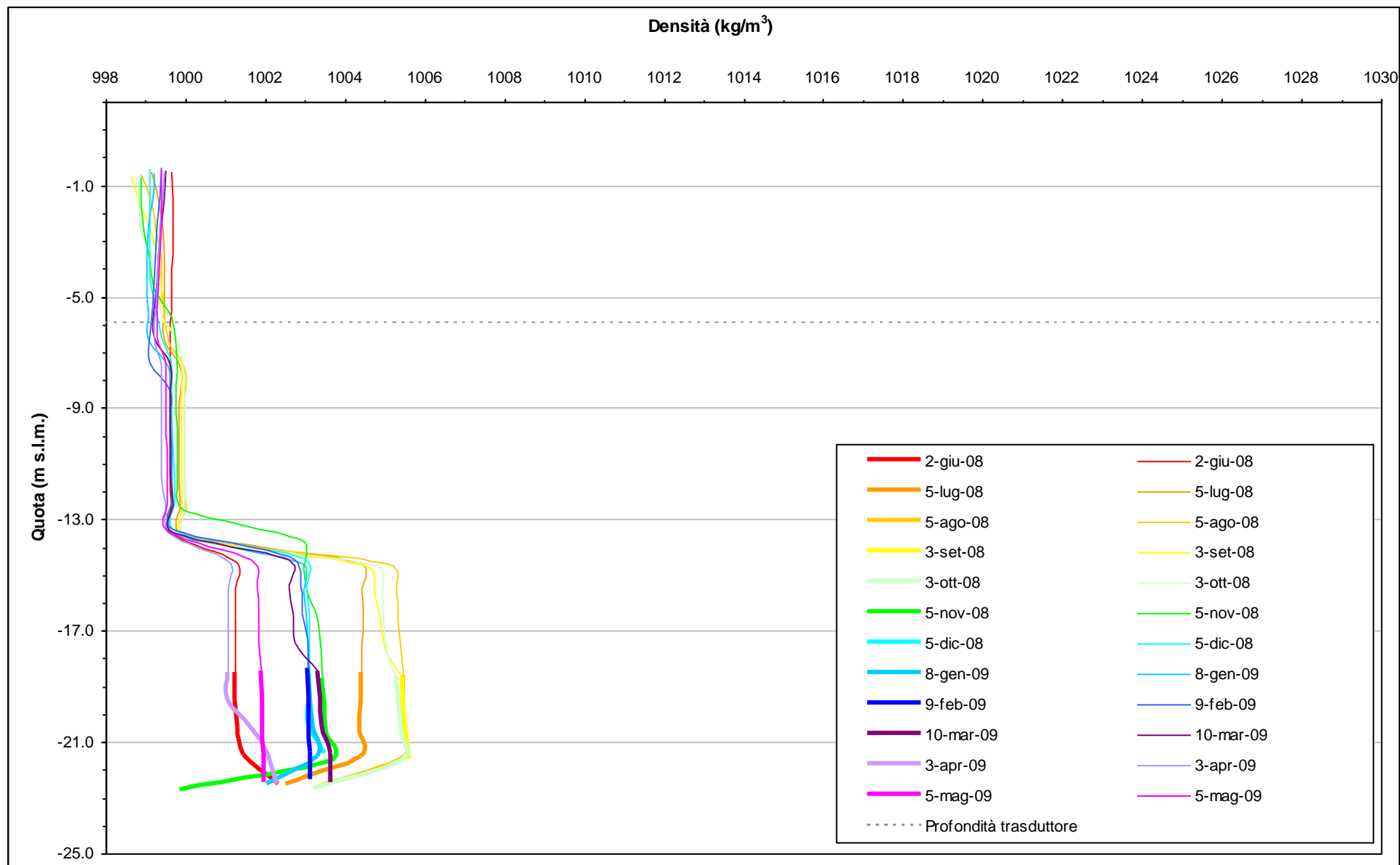


Fig. 2.93 - Profili verticali di densità PP06.

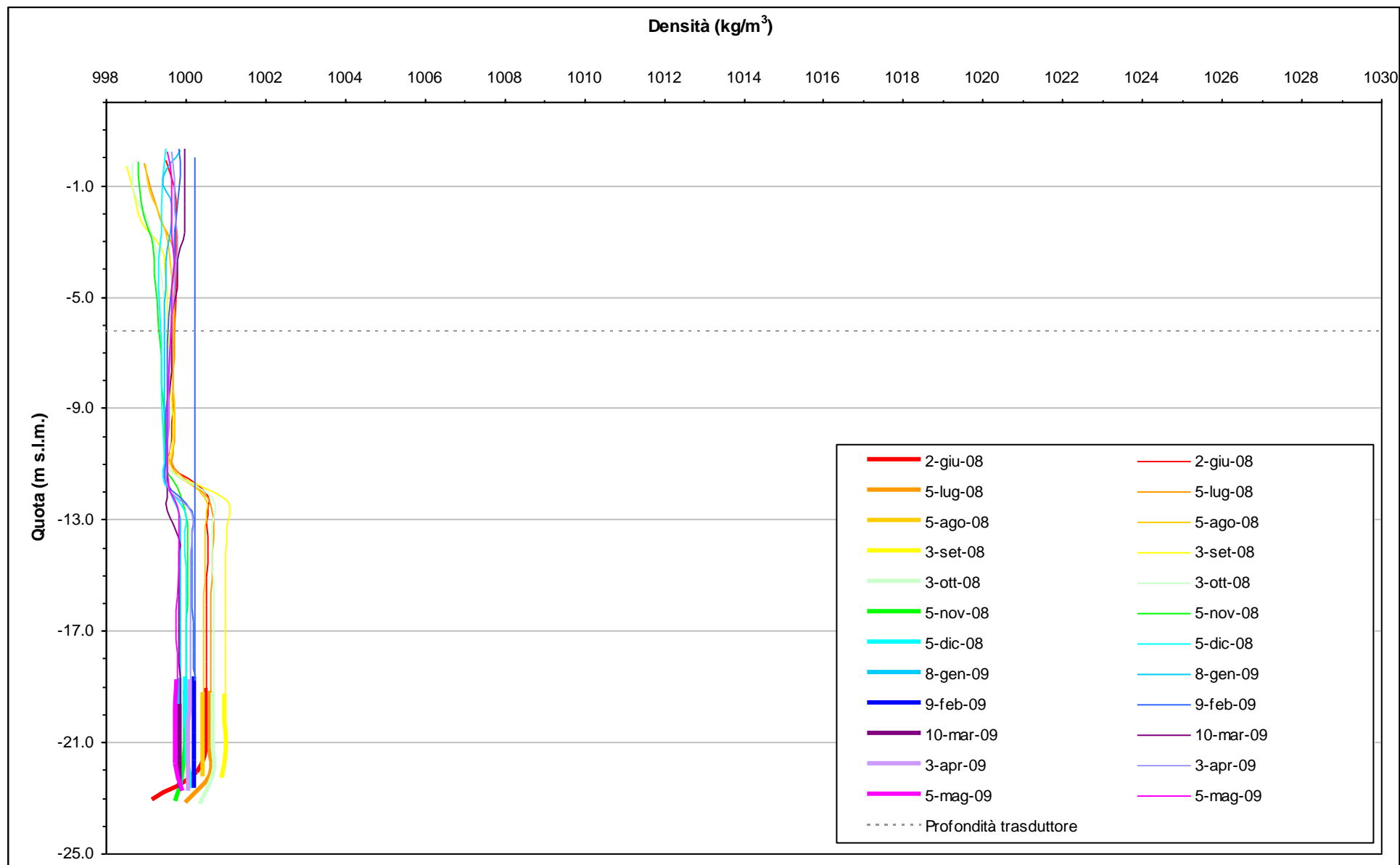


Fig. 2.94 - Profili verticali di densità PP07.

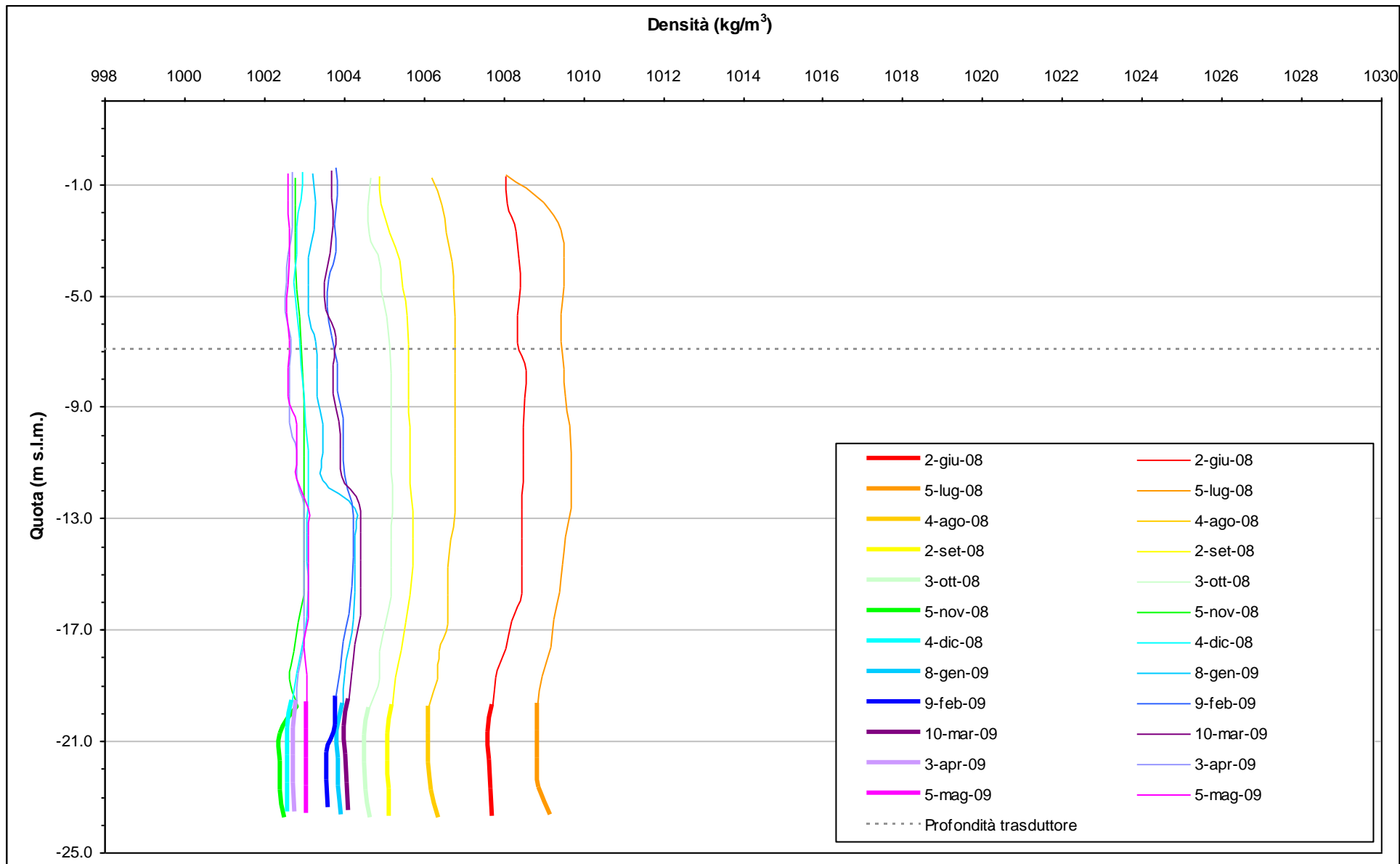


Fig. 2.95 - Profili verticali di densità PP08.

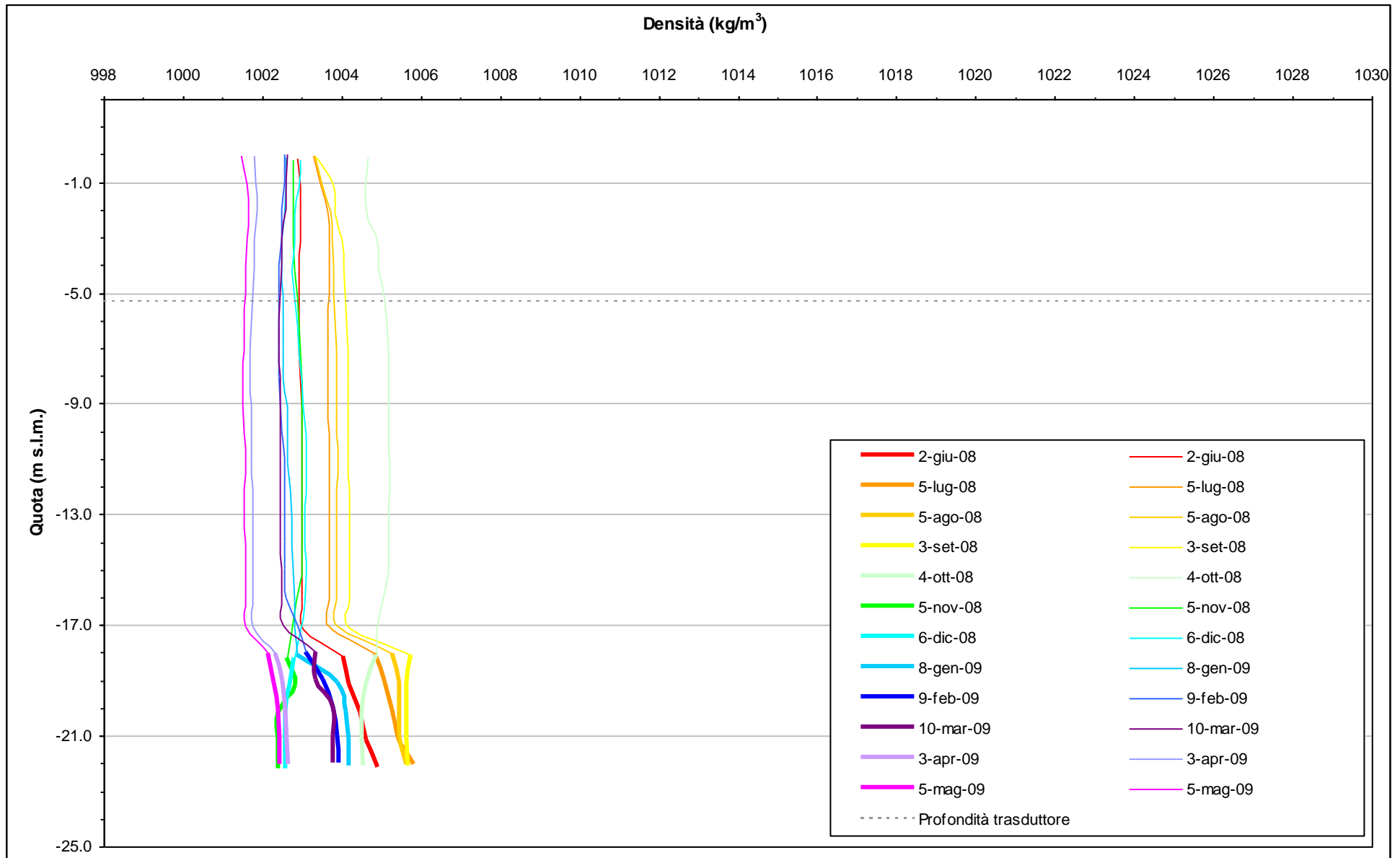


Fig. 2.96 - Profili verticali di densità PP09.

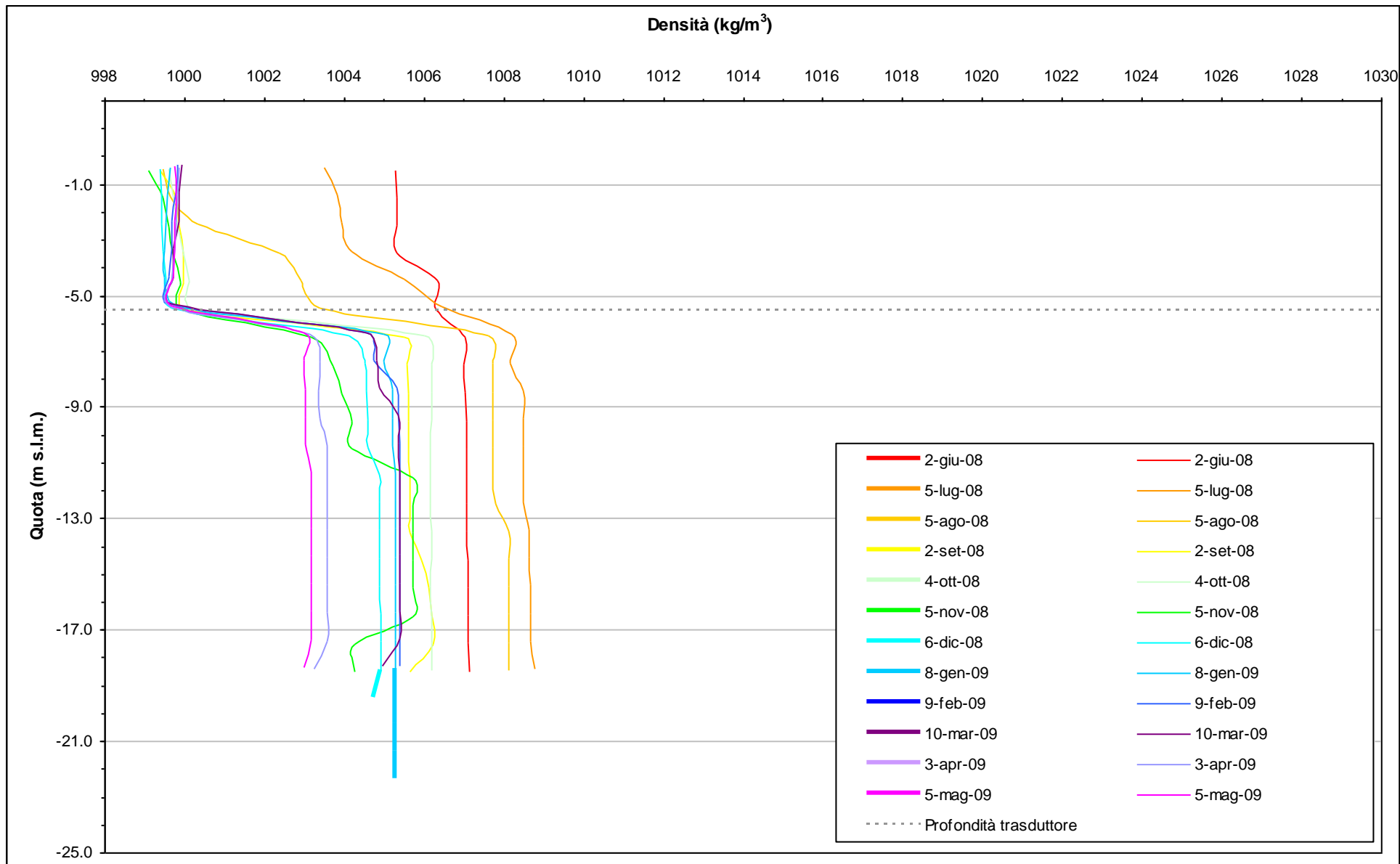


Fig. 2.97 - Profili verticali di densità PP10.

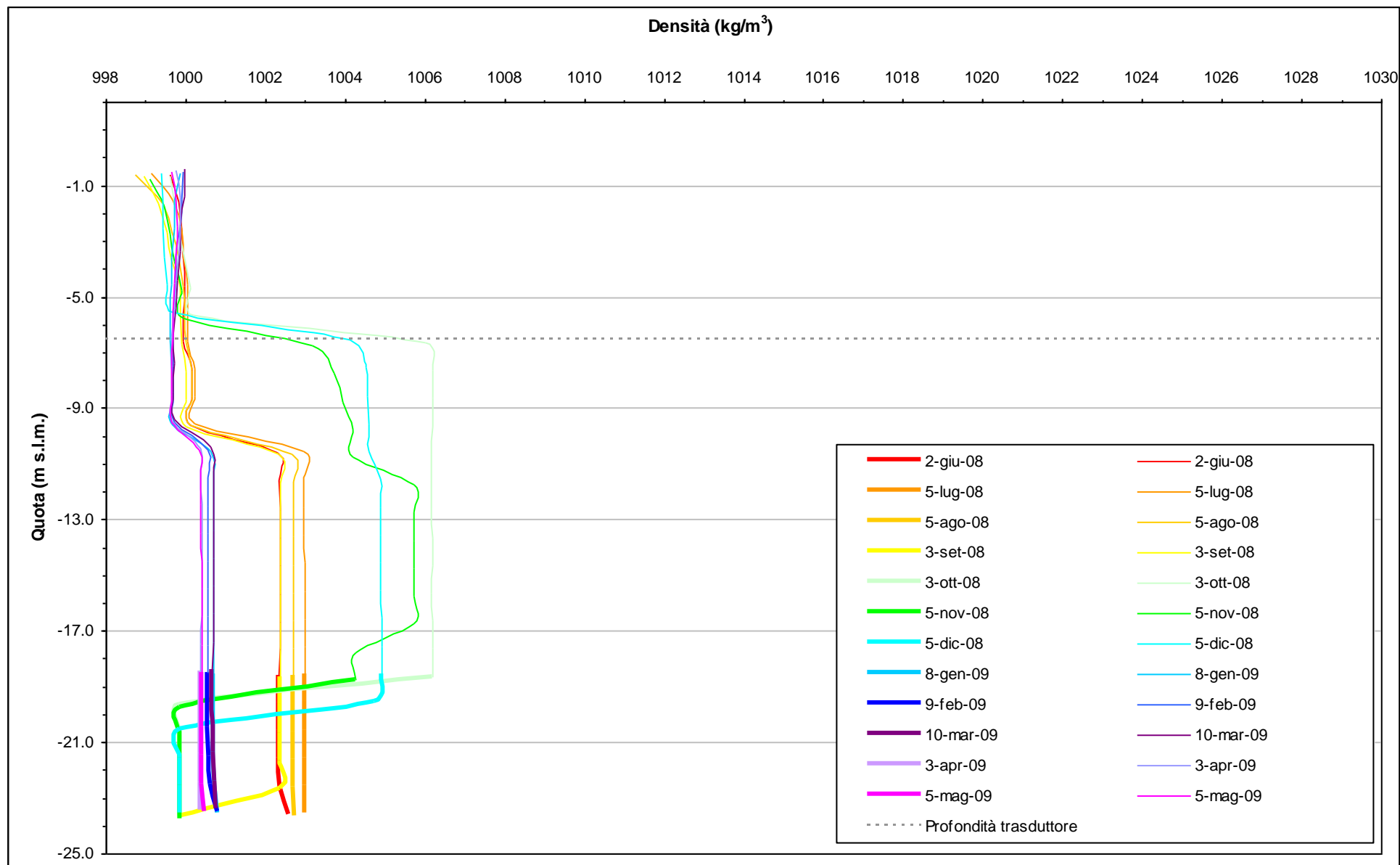


Fig. 2.98 - Profili verticali di densità PP11.

2.6 CONCLUSIONI

L'analisi delle serie temporali registrate nell'acquifero superficiale 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 a seguito della realizzazione del 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), sono stati registrati abbassamenti dei livelli di falda compresi tra 20 e 50 cm nel periodo maggio - settembre 2008 (più moderati rispetto a quelli registrati nello stesso periodo del 2007 - pari a circa 1 m - a causa delle intense precipitazioni avvenute nell'estate 2008), seguiti da risalite dei livelli comprese tra 20 e 80 cm nel periodo ottobre 2008 - aprile 2009. Tra l'inizio (01/05/08) e la fine (30/04/09) del periodo monitorato, si osserva in generale una crescita nei livelli dei piezometri interni (PS05-11) e dei piezometri PS03 e PS04, con valori compresi tra 5 e 25 cm circa.

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. L'abbassamento dei livelli di falda nel periodo estivo è stato contenuto e nel periodo estivo (giugno-settembre 2008) non c'è stata l'inversione del flusso sotterraneo, che è rimasto diretto dalla terraferma al mare

Per quanto concerne i piezometri profondi, nel periodo di monitoraggio si sono verificate ampie oscillazioni di livello nei piezometri maggiormente interessati dalle attività di pompaggio del cantiere (PP03, PP04, PP12); tali oscillazioni sono maggiormente concentrate nel periodo maggio - ottobre 2008. Tra l'inizio e la fine del periodo di monitoraggio (01/05/08 - 30/04/09) si osserva una risalita di circa 60 cm del carico idraulico nel piezometro PP03, mentre nel PP04 i livelli sono pressoché invariati.

Rispetto ai dati registrati durante la Fase A (ottobre - novembre 2005) i livelli dei piezometri profondi risultano essere generalmente diminuiti. Gli abbassamenti maggiori si rilevano nei piezometri PP03, PP04, PP12, PP13 e PP14, che sono situati a minor distanza dai pozzi di dewatering della tura provvisoria. In particolare l'abbassamento è pari a 4-5 m nel piezometro PP04 e 2.5 - 3 m nel piezometro PP03. Le operazioni di cantiere hanno determinato, quindi una depressurizzazione del secondo livello acquifero, con conseguente consolidazione del terreno che ha portato ad un abbassamento della quota di piano campagna (subsidenza), con variazioni pari a 9,9 cm e 6,1 cm in corrispondenza dei piezometri PP04 e PP03, più prossimi ai pozzi di dewatering e quindi maggiormente interessati dal pompaggio.

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

3. MONITORAGGIO DI FALDA - CA' ROMAN

3.1 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 2008 e il 30 aprile 2009.

Sono riportati i tracciati relativi ai livelli piezometrici nell'intero periodo di osservazione in corrispondenza della postazione doppia di monitoraggio (Fig. 3.1), le cui coordinate sono riportate in Tab.3.1. 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. 3.2). 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 proposti i profili verticali di densità calcolati (Cap. 3.3), per ciascun piezometro, a partire dai dati grezzi di conduttanza; nel Cap. 3.4 sono riportate le conclusioni.

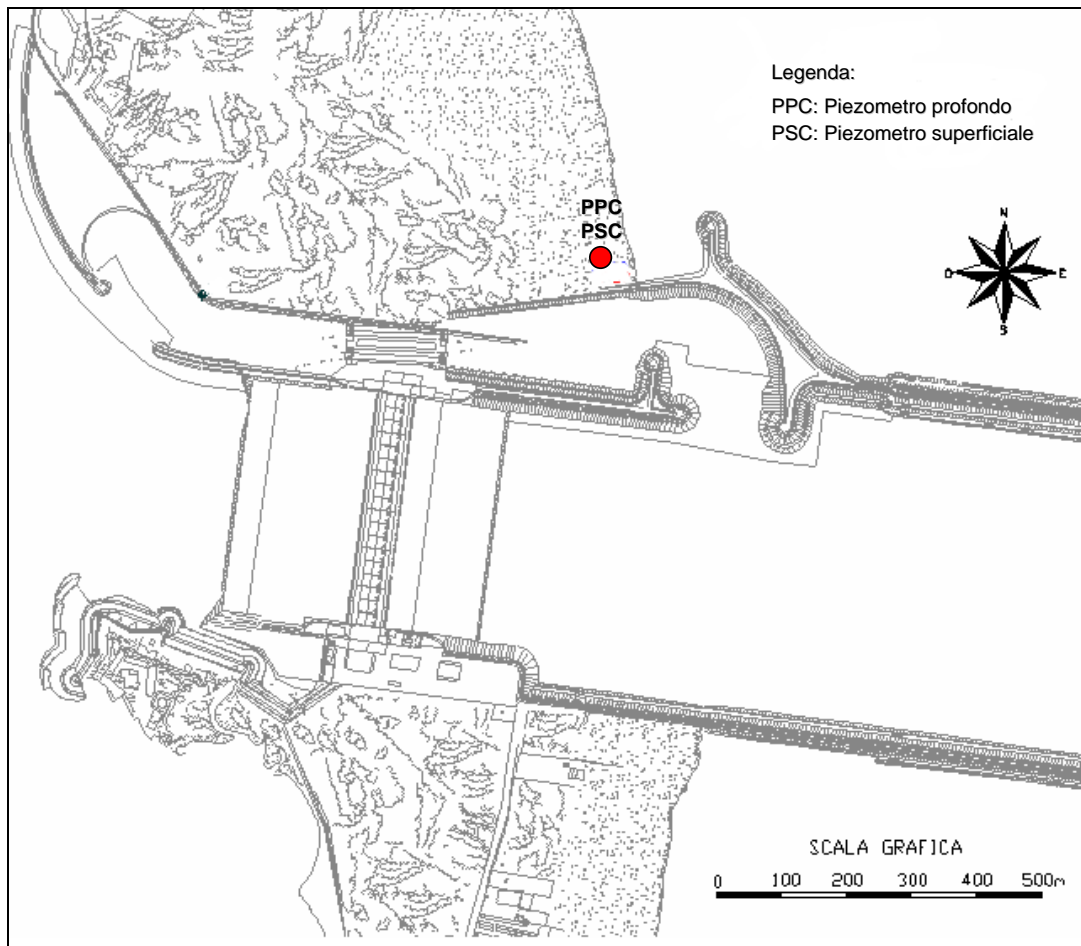


Fig. 3.1- Ubicazione dei piezometri

Tab. 3.1- 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

3.2 ANALISI DEI DATI

3.2.1 *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 “Ceppe” situata alla bocca Nord di Malamocco e dalla stazione meteorologica “ARPAV - Chioggia”;
- 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.

3.2.1.1 Precipitazioni

I dati di precipitazione sono stati acquisiti dalla centralina “Ceppe” di Malamocco per tutto il periodo monitorato, ad eccezione del mese di maggio 2008 nel quale sono stati utilizzati i dati della centralina “ARPAV - Chioggia”. Nelle Figg.3.2-3.3 è riportato l’andamento delle precipitazioni registrate nel periodo di riferimento. In Tab.3.2 sono riportati gli eventi piovosi di entità maggiore o uguale a 5 mm.

Tab. 3.2 - Eventi piovosi significativi verificatesi nel periodo di monitoraggio.

DATA	DURATA (h)	ENTITÀ (mm)
18/05/08	24	17,6
20/05/08	24	17,6
30/05/08	24	15
04/06/08	2	9,5
13/06/08	11	15,4
14/06/08	8	13,3
17-18/06/08	11	15,1
28/06/08	4	6,8
01/07/08	3	19,7
06/07/08	2	10,4
13/07/08	3	36,9
22/07/08	7	9
08/08/08	7	9,5
15-16/08/08	16	48,3
13-14/09/08	25	75,2
29/10/08	10	15,1
01/11/08	7	9,3
04/11/08	13	12,5
05-06/11/08	5	7,7
12-13/11/08	37	25
28/11/08	9	9,7
30/11/08	22	26,4
05/12/08	12	6,8
10-12/12/08	53	23,8
15-16/12/08	40	48,9
01/01/09	9	5,7

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

DATA	DURATA (h)	ENTITÀ (mm)
14-15/01/09	34	10,6
20-21/01/09	22	11,1
26-27/01/09	12	8,5
02-03/02/09	19	24.2
06/02/09	8	10.7
07/02/09	5	7.7
04-05/03/09	28	19.1
28-30/03/09	36	48.6
02/04/09	7	5.1
23/04/09	11	9
26-29/04/09	54	15.3

3.2.1.2 Livello del mare

Nelle Fig.3.4-3.5 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.

3.2.1.3 Pressione atmosferica - h_p

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

Nelle Fig.3.6-3.7 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 Levellogger installati nei piezometri PSC01 e PPC01.

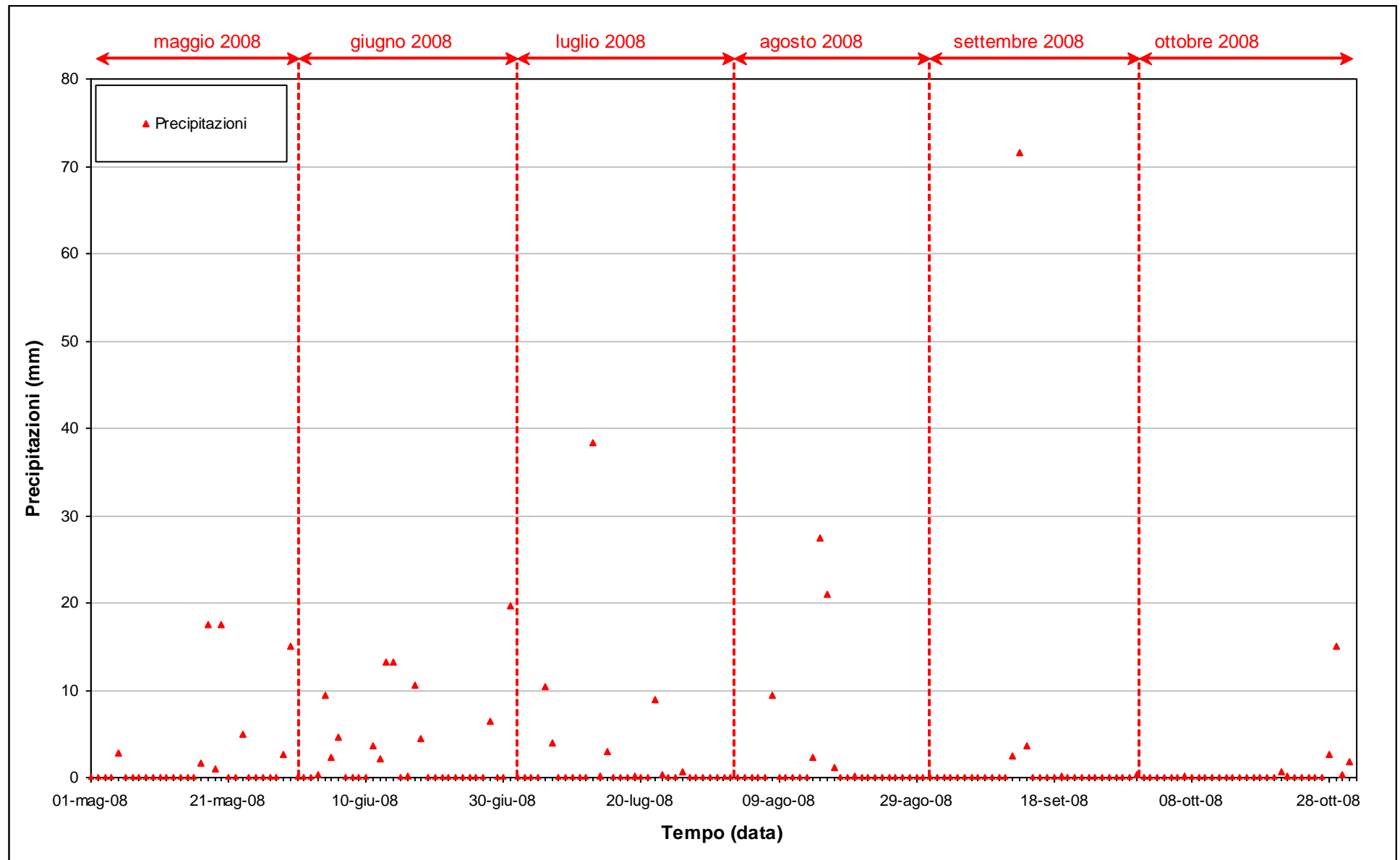


Fig. 3.2 - Precipitazioni registrate nel periodo di monitoraggio 01/05/2008 - 31/10/2008.

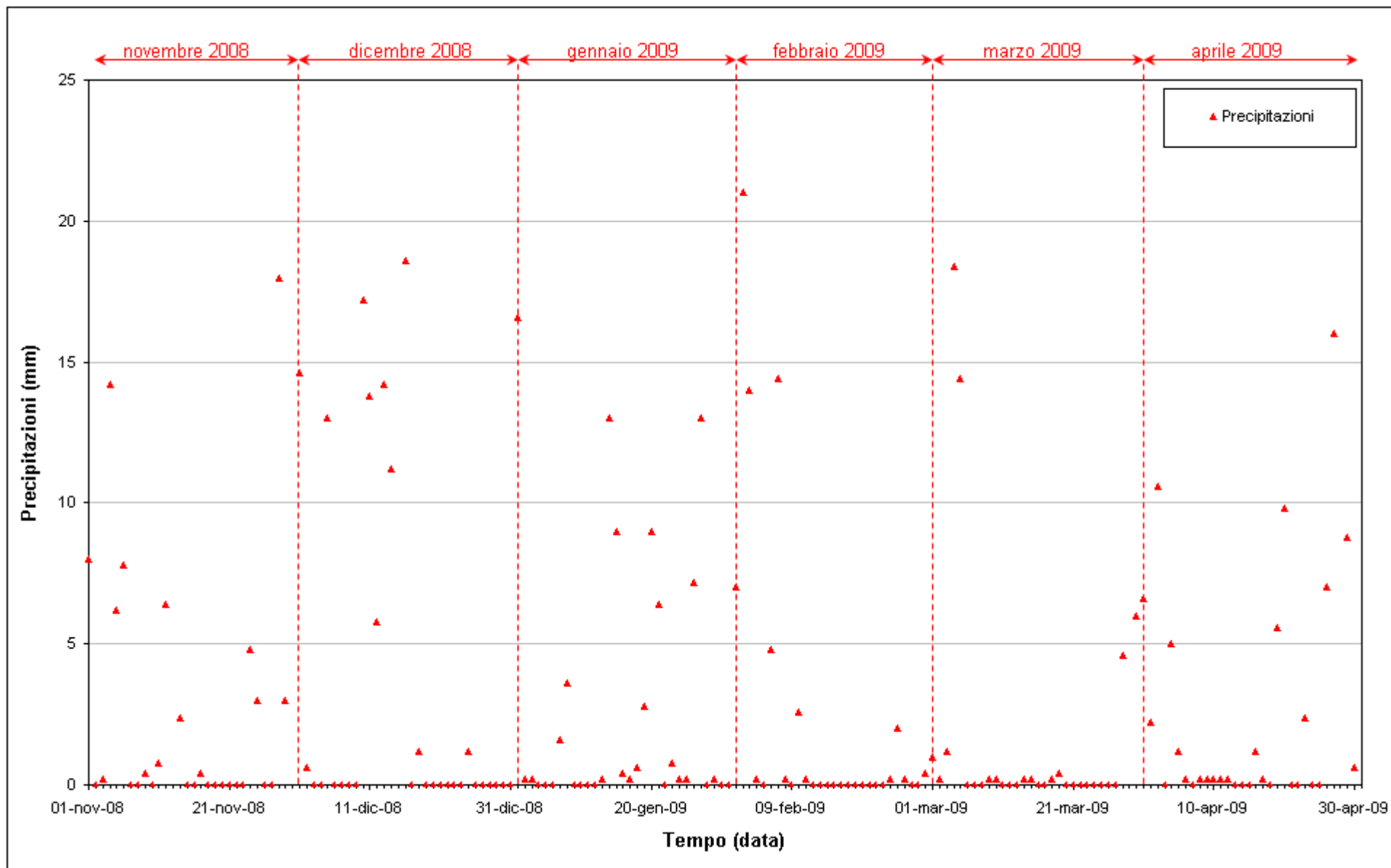


Fig. 3.3 - Precipitazioni registrate nel periodo di monitoraggio 01/11/2008 - 30/04/2009.

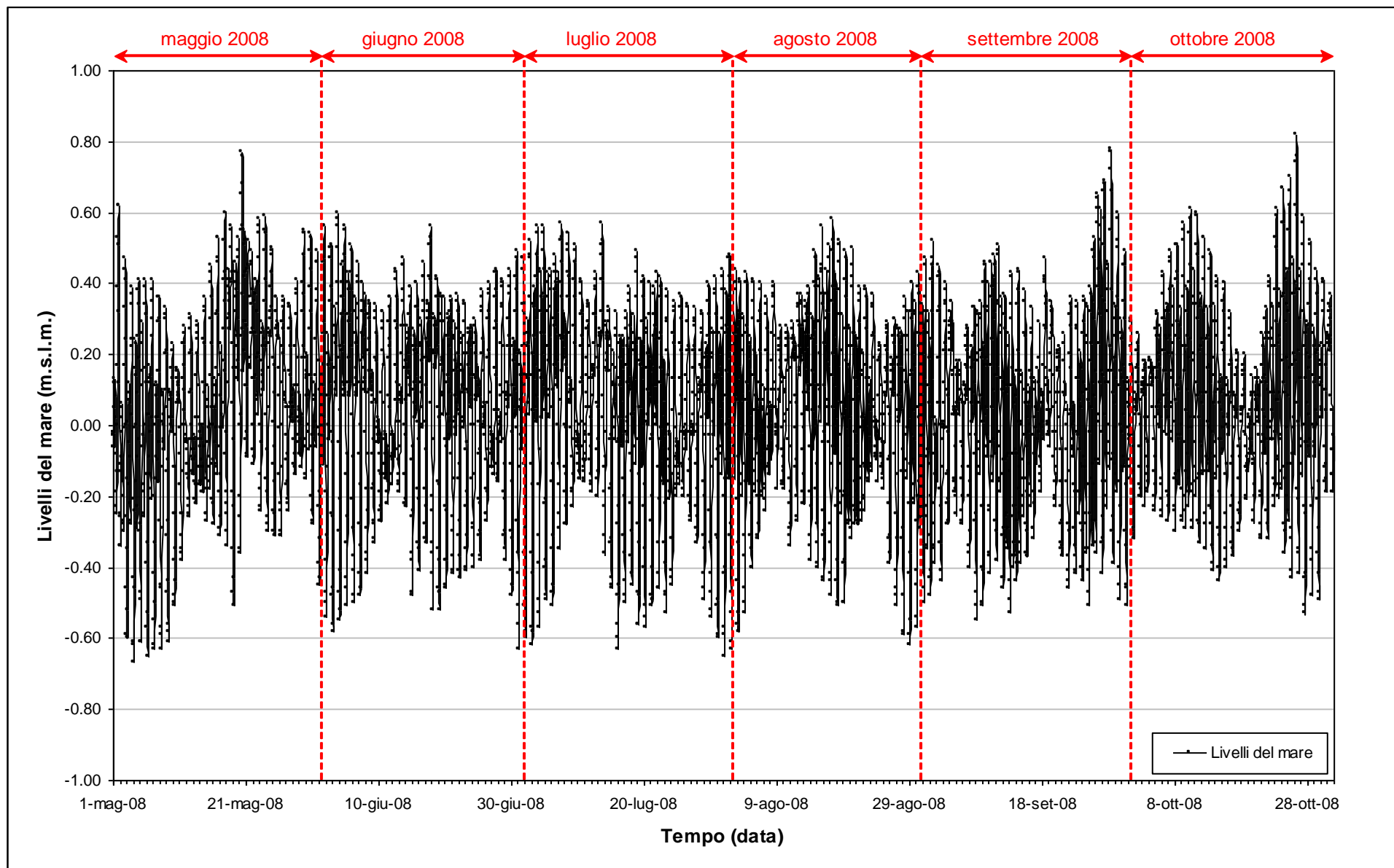


Fig. 3.4 - Livello del mare misurato in corrispondenza del mareografo Diga Sud Chioggia nel periodo di monitoraggio 01/05/2008 - 31/10/2008.

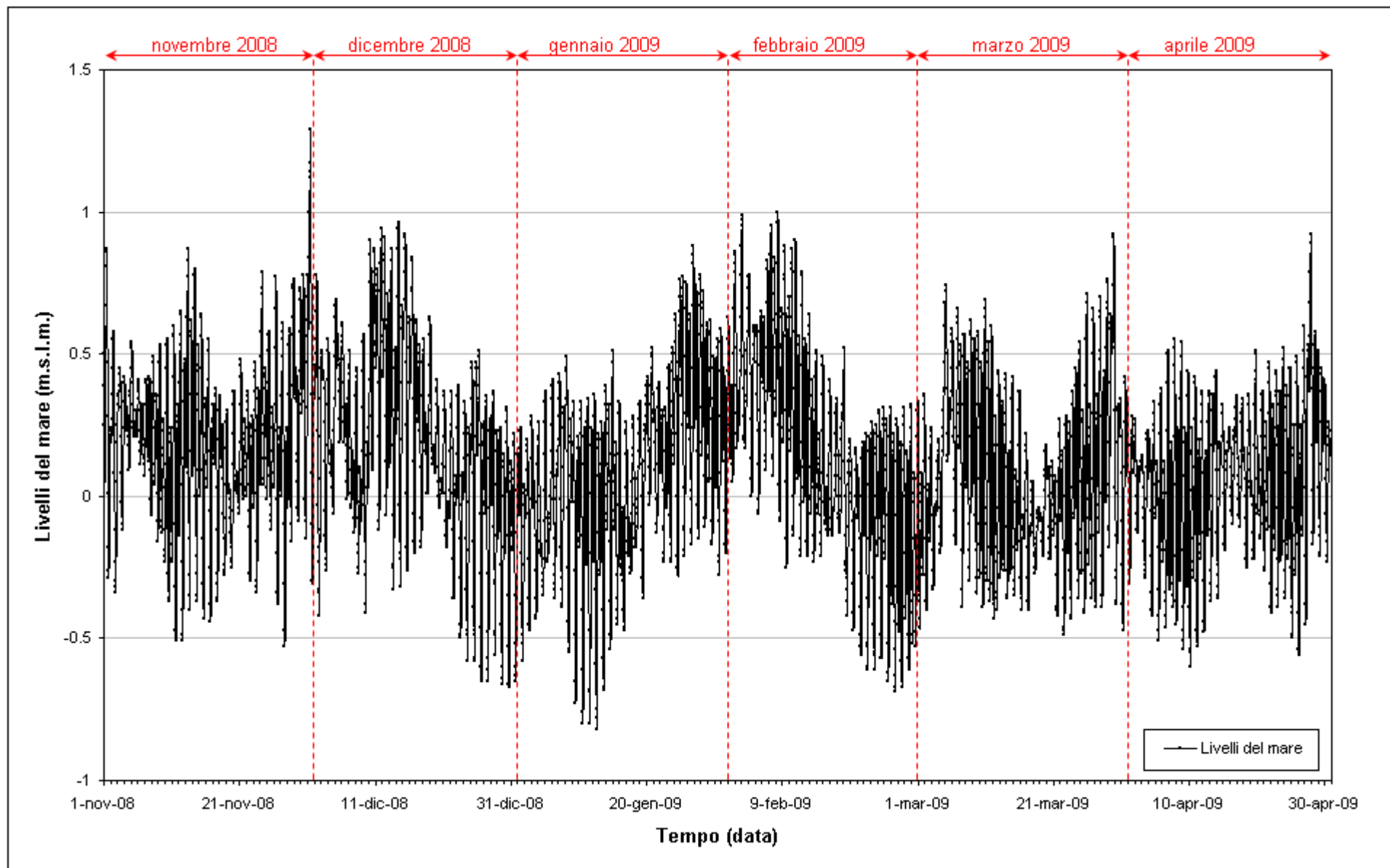
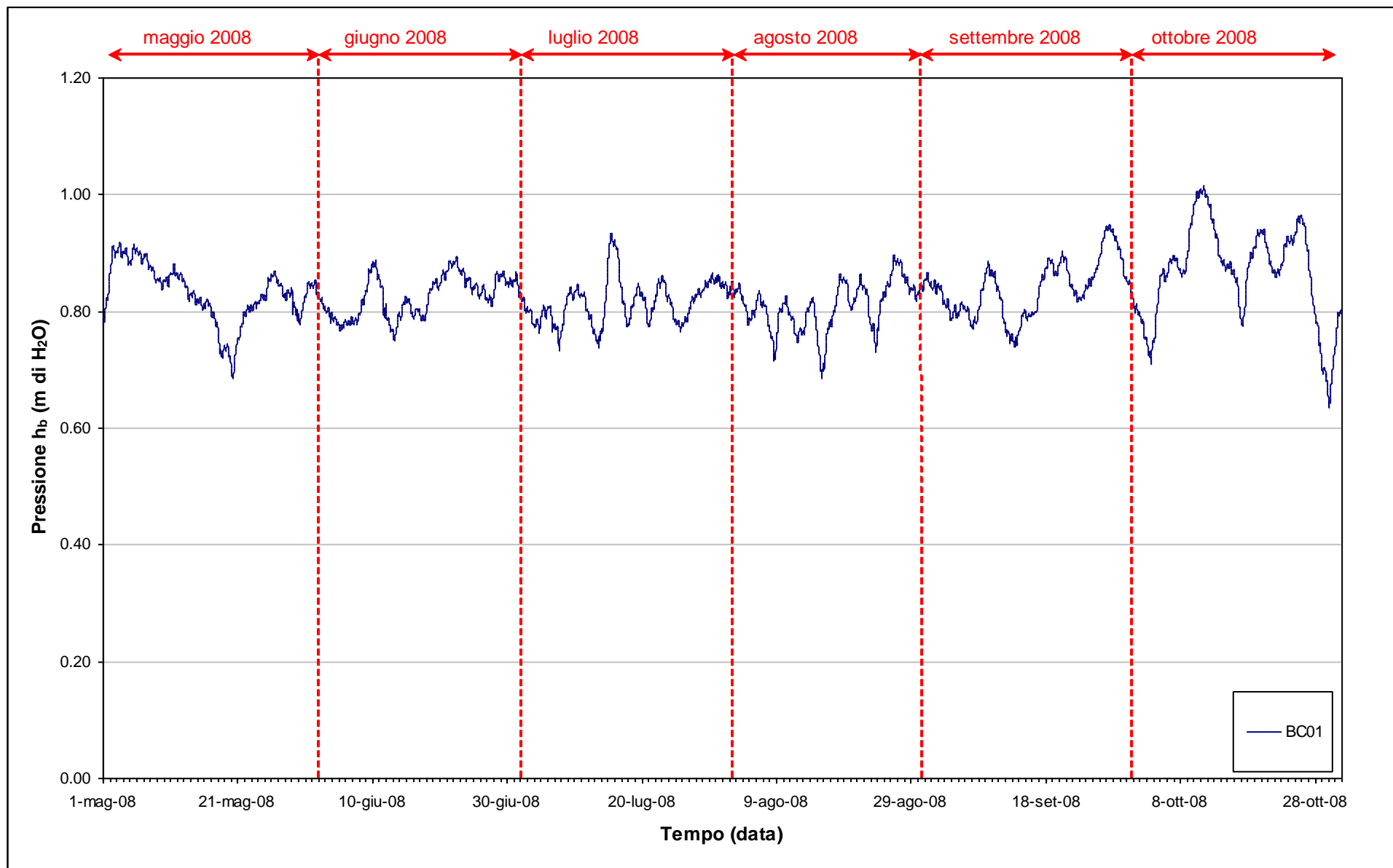


Fig. 3.5 - Livello del mare misurato in corrispondenza del mareografo Diga Sud Chioggia nel periodo di monitoraggio 01/11/2008 - 30/04/2009.

Fig. 3.6 - Tracciato di misura del Barologger BC01 (h_b) nel periodo di monitoraggio 01/05/2008 - 31/10/2008.

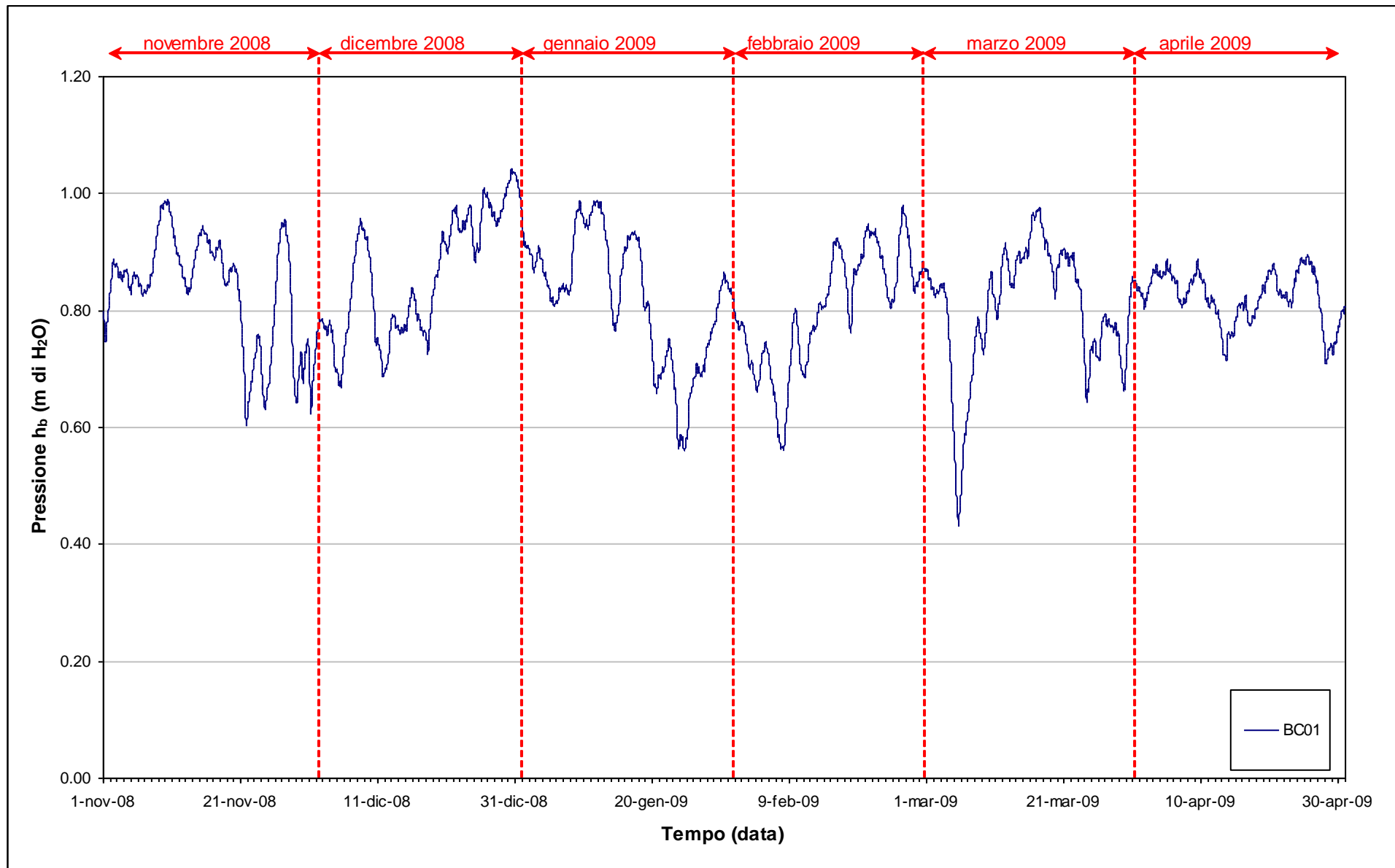


Fig. 3.7 - Tracciato di misura del Barologger BC01 (h_b) nel periodo di monitoraggio 01/11/2008 - 30/04/2009.

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

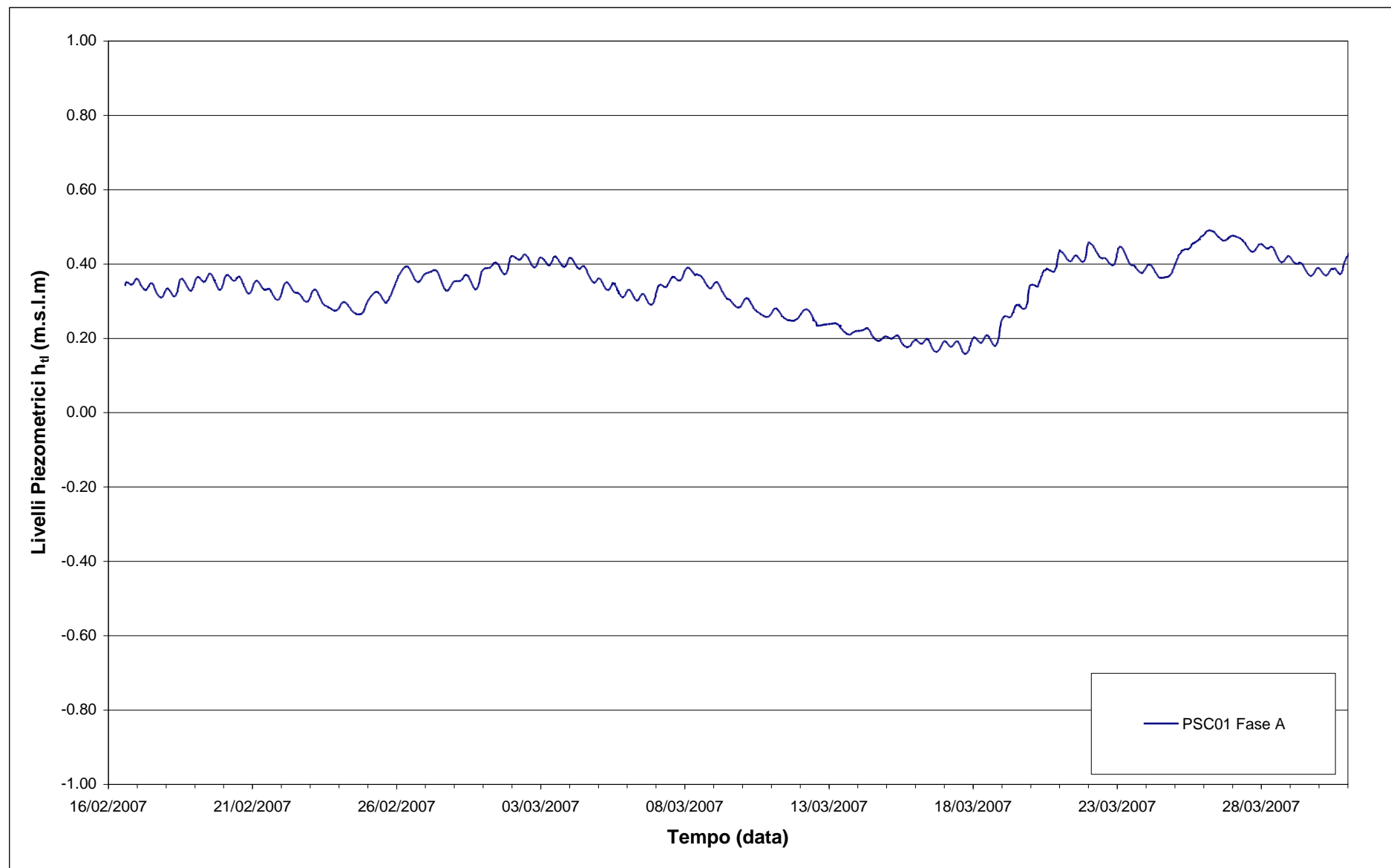
In questo capitolo vengono presentate ed analizzate le serie temporali dei livelli piezometrici assoluti relativi al piezometro superficiale PSC01, finestrato in corrispondenza del primo livello acquifero (Strato A).

In Fig. 3.8 è riportato l'andamento dei livelli piezometrici nel piezometro superficiale PSC01 durante la fase A (febbraio – marzo 2007).

Nelle Fig.3.9-3.10 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 (01/05/08 – 30/04/09) si osserva un lieve aumento del livello di falda (circa 30 cm) attribuibile alle intense precipitazioni piovose, pari a 789 mm nei 12 mesi monitorati (a fronte di un valore di 585.6 mm nei 12 mesi precedenti).

Fig. 3.8 - Livelli piezometrici (h_t) relativi al piezometro superficiale durante la Fase A.

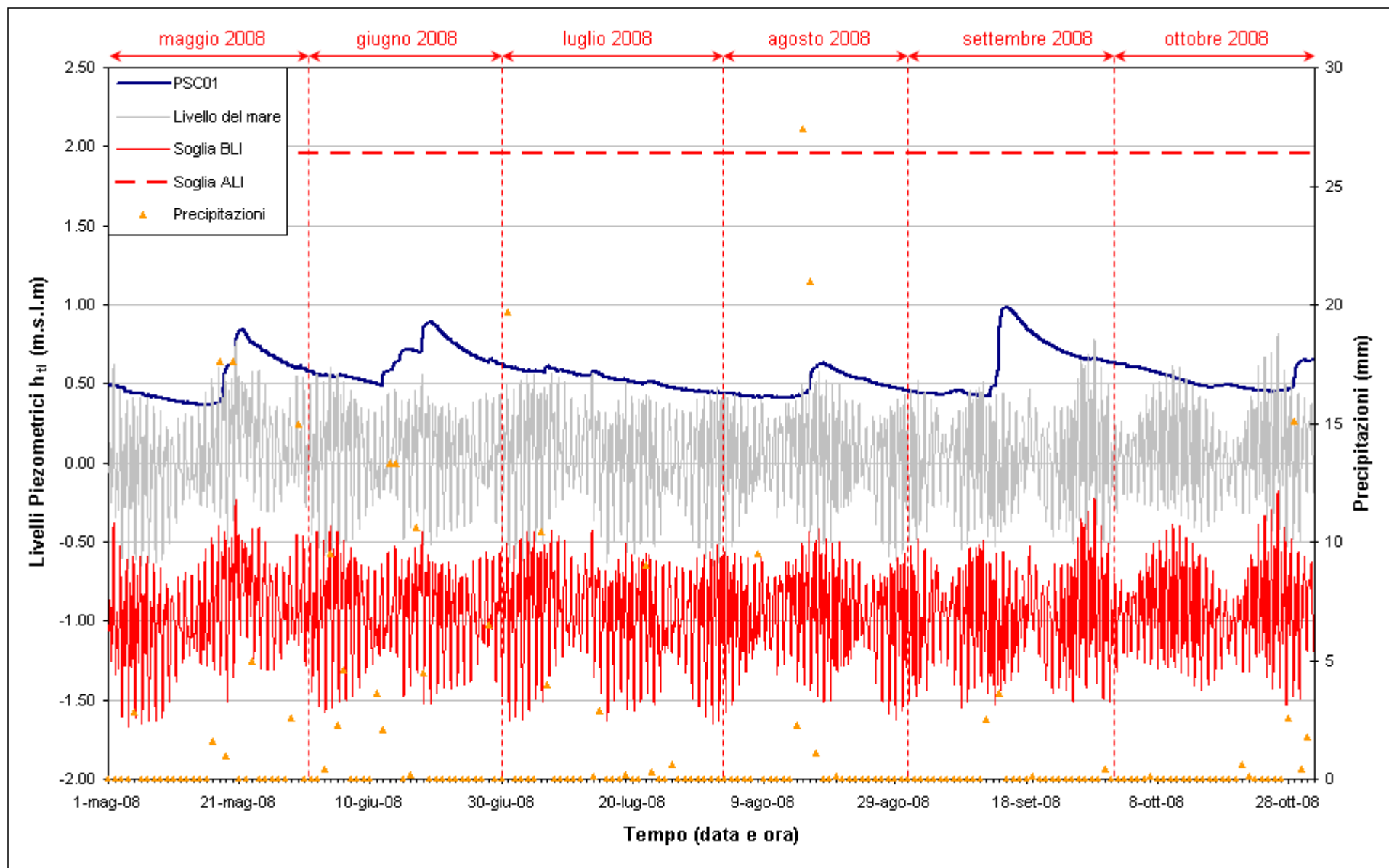


Fig. 3.9 – Livelli piezometrici (h_t) relativi al piezometro superficiale PSC01 nel periodo di monitoraggio 01/05/2008 – 31/10/2008.

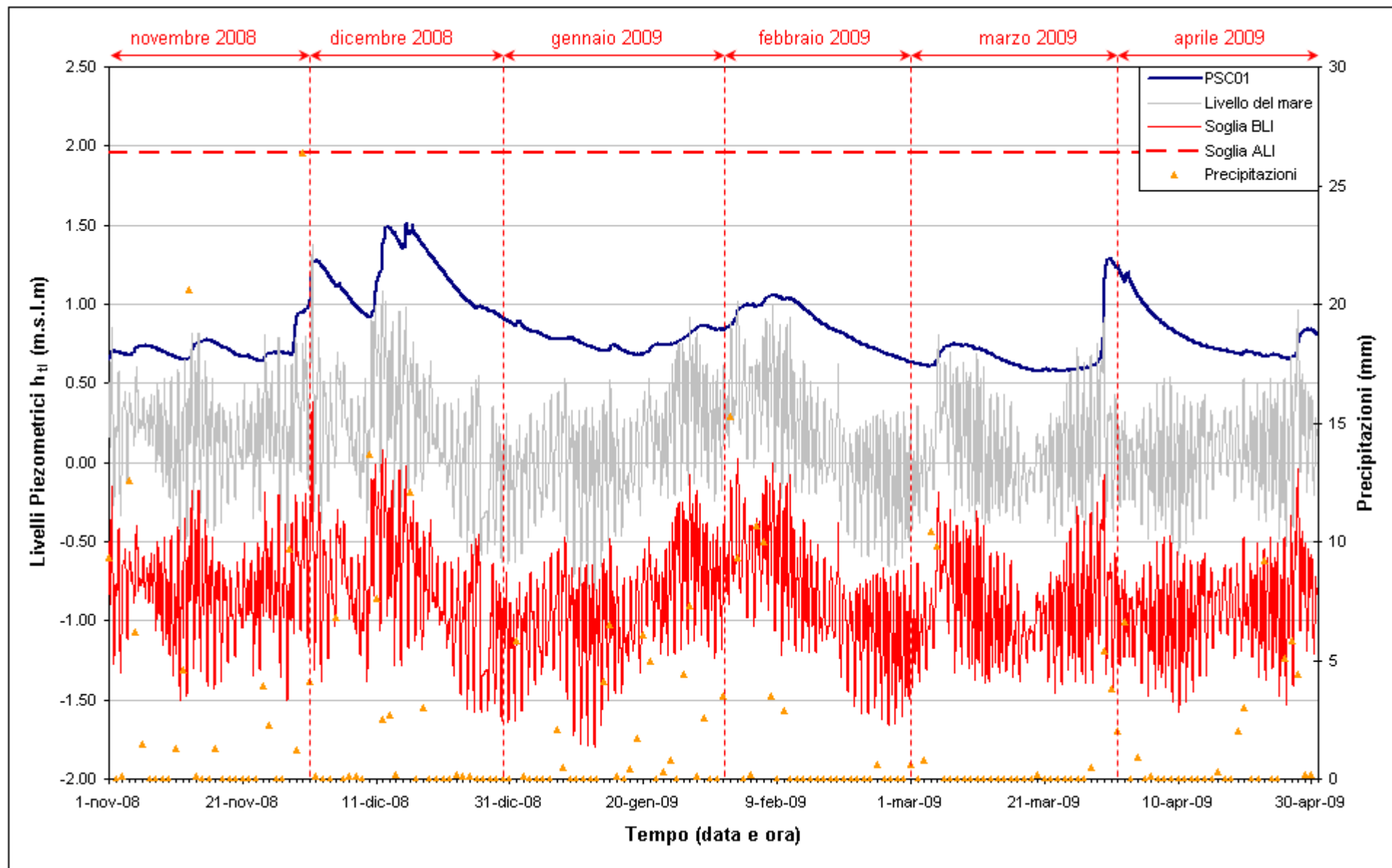


Fig. 3.10 - Livelli piezometrici (h_u) relativi al piezometro superficiale PSC01 nel periodo di monitoraggio 01/11/2008 - 30/04/2009.

3.2.3 *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).

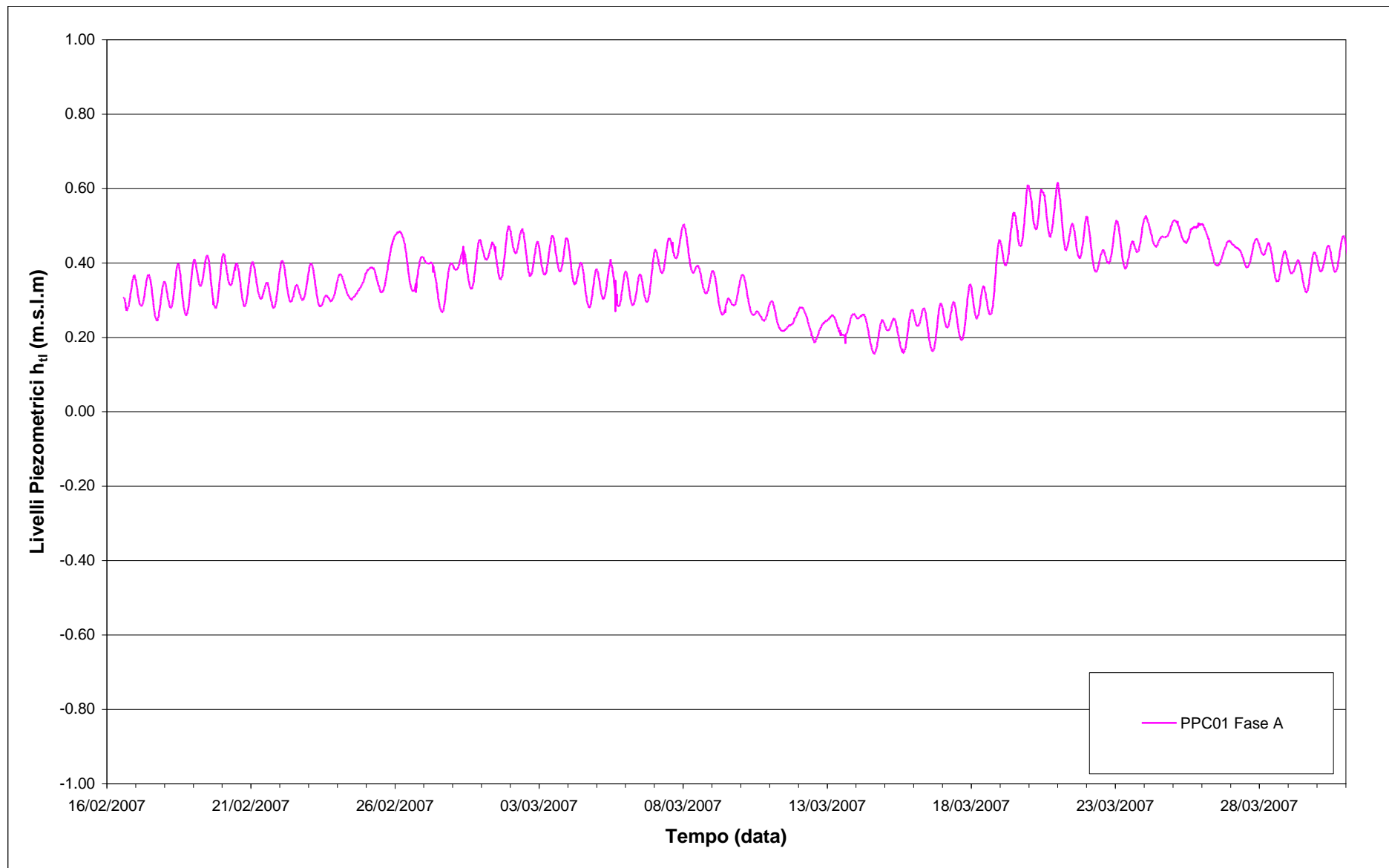
In Fig.3.11 è riportato l'andamento dei livelli piezometrici nel piezometro profondo PPC01 durante la fase A (febbraio – marzo 2007).

Nelle Figg.3.12-3.13 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).

Nelle Figg.3.14-3.15 sono rappresentati i livelli dei piezometri PSC01 e PPC01 mediati su 24 ore e confrontati con la soglia di Basso Livello Medio.

Il piezometro PPC01 non rispetta le soglie di Basso Livello Istantaneo e Medio per tutto il periodo monitorato, a causa del funzionamento del sistema di dewatering.

Nel periodo maggio – ottobre 2008 si osserva una netta diminuzione del carico idraulico nel piezometro profondo PPC01, pari a circa 3,60 m; nella seconda metà del periodo monitorato (novembre 2008 – aprile 2009) il livello è rimasto sostanzialmente stabile. Rispetto alla fase A, il carico idraulico nel secondo livello acquifero risulta diminuito di circa 5,5 m.

Fig. 3.11- Livelli piezometrici (h_t) relativi al piezometro profondo durante la Fase A.

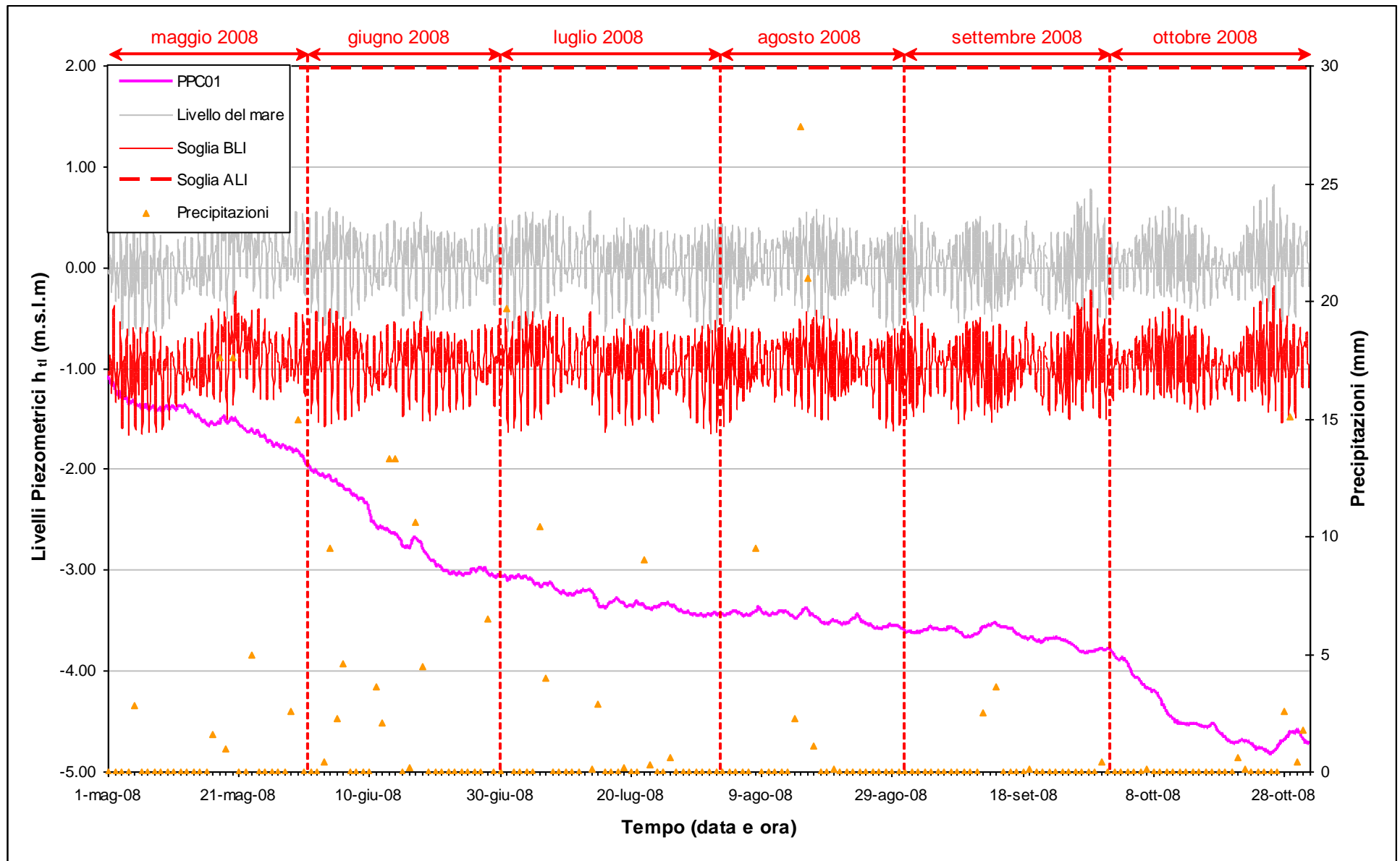


Fig. 3.12 - Livelli piezometrici (h_u) relativi al piezometro profondo PPC01 nel periodo di monitoraggio 01/05/2008 - 31/10/2008.

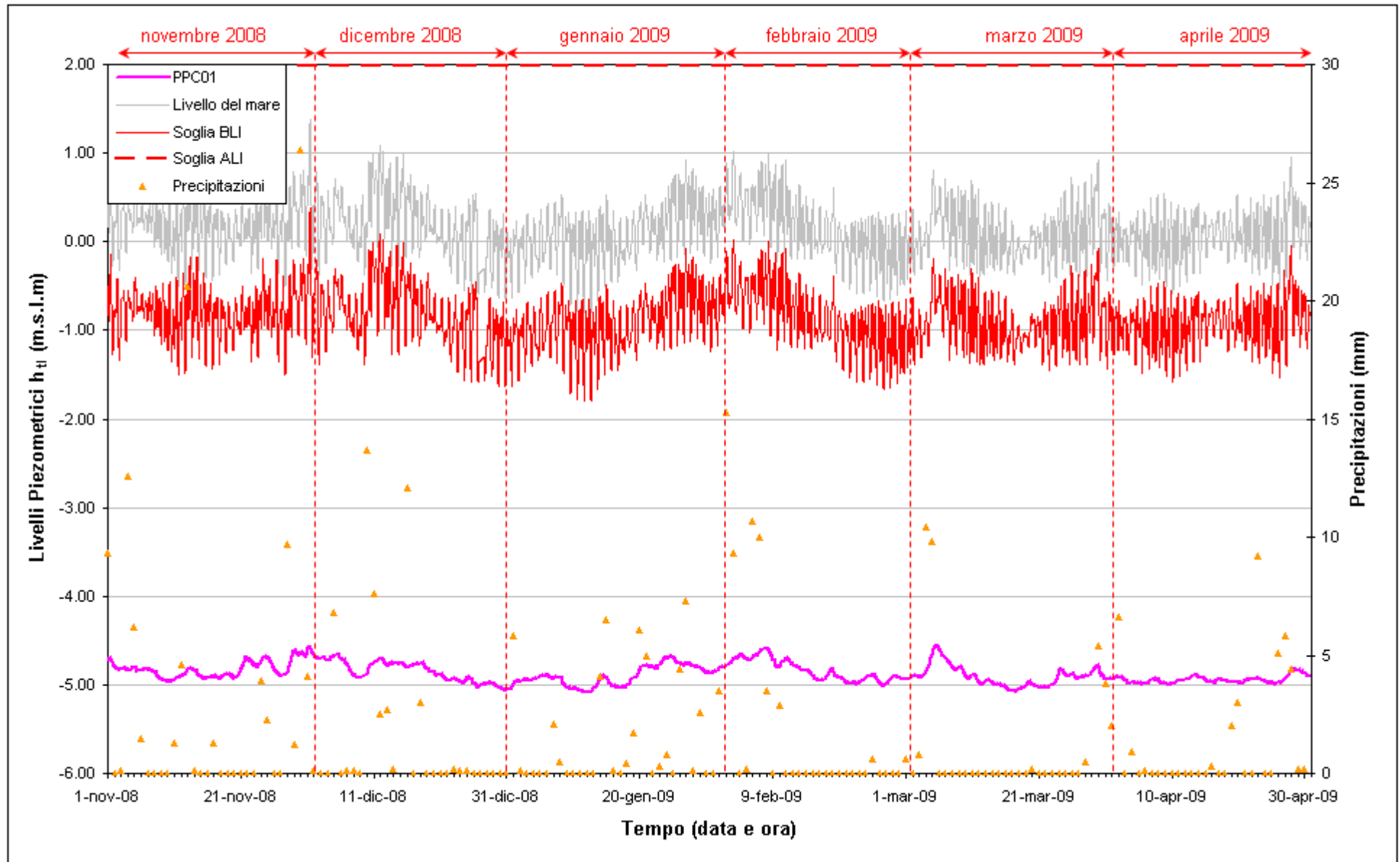


Fig. 3.13 - Livelli piezometrici (h_u) relativi al piezometro profondo PPC01 nel periodo di monitoraggio 01/11/2008 - 30/04/2009.

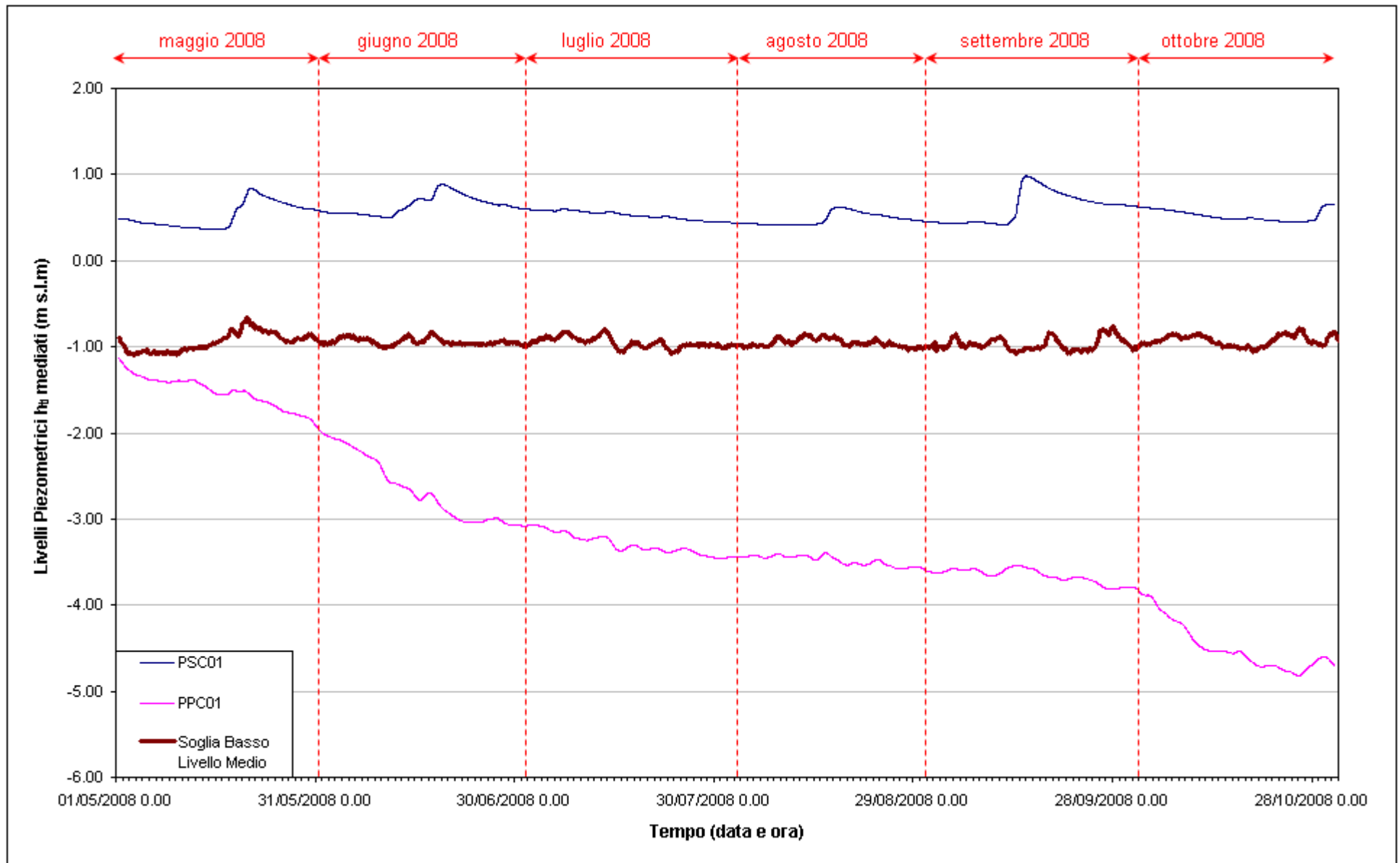


Fig. 3.14 - Soglia di Basso Livello Medio nei piezometri PSC01 e PPC01 nel periodo di monitoraggio 01/05/2008 - 31/10/2008.

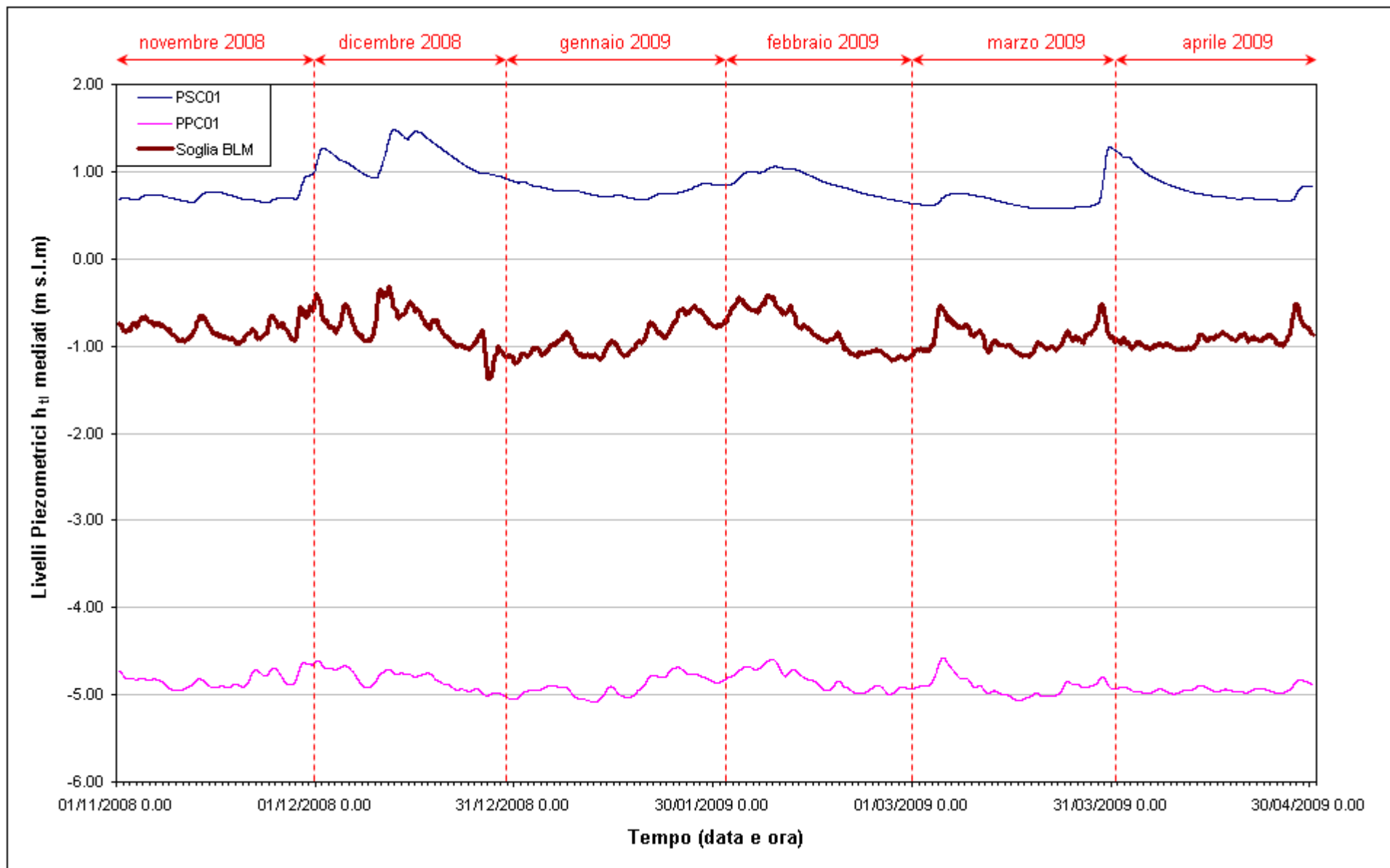


Fig. 3.15 - Soglia di Basso Livello Medio nei piezometri PSC01 e PPC01 nel periodo di monitoraggio 01/11/2008 - 30/04/2009.

3.3 VERIFICA DEL RISPETTO DELLE SOGLIE DI AZIONE

Le soglie identificate nel “Rapporto di Variabilità Attesa” (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.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. 3.3 - 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.3.3.

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

Nel piezometro profondo PPC01 sono state superate le soglie di Basso Livello Istantaneo e Medio per tutto il periodo monitorato (01/05/08 - 30/04/09).

3.4 ANALISI DELLA DENSITA' DELL'ACQUA DI FALDA

3.4.1 *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.

In Fig.3.16 sono rappresentati i profili di densità del piezometro superficiale; in Fig.3.17 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 netto aumento dei valori di densità dell'acqua nel periodo estivo (giugno - settembre 2008); durante il resto del periodo monitorato, i valori di densità si mantengono costanti e pari a circa 1000 kg/m³.

Anche nel piezometro profondo PPC01 si osservano variazioni stagionali della densità dell'acqua, che cresce nel periodo giugno - settembre 2008 e decresce nel periodo ottobre 2008 - aprile 2009.

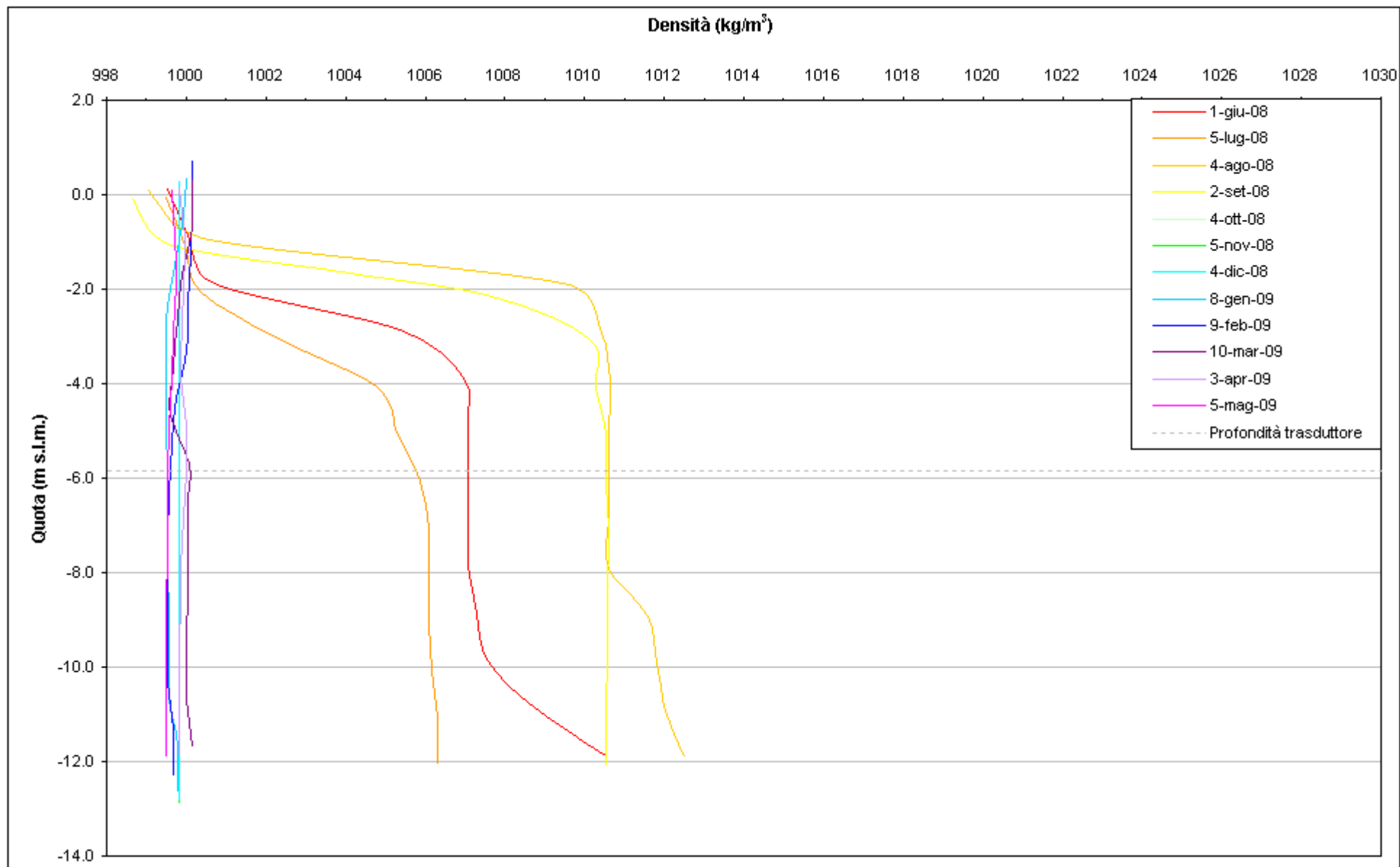


Fig. 3.16 - Profili verticali di densità PSC01.

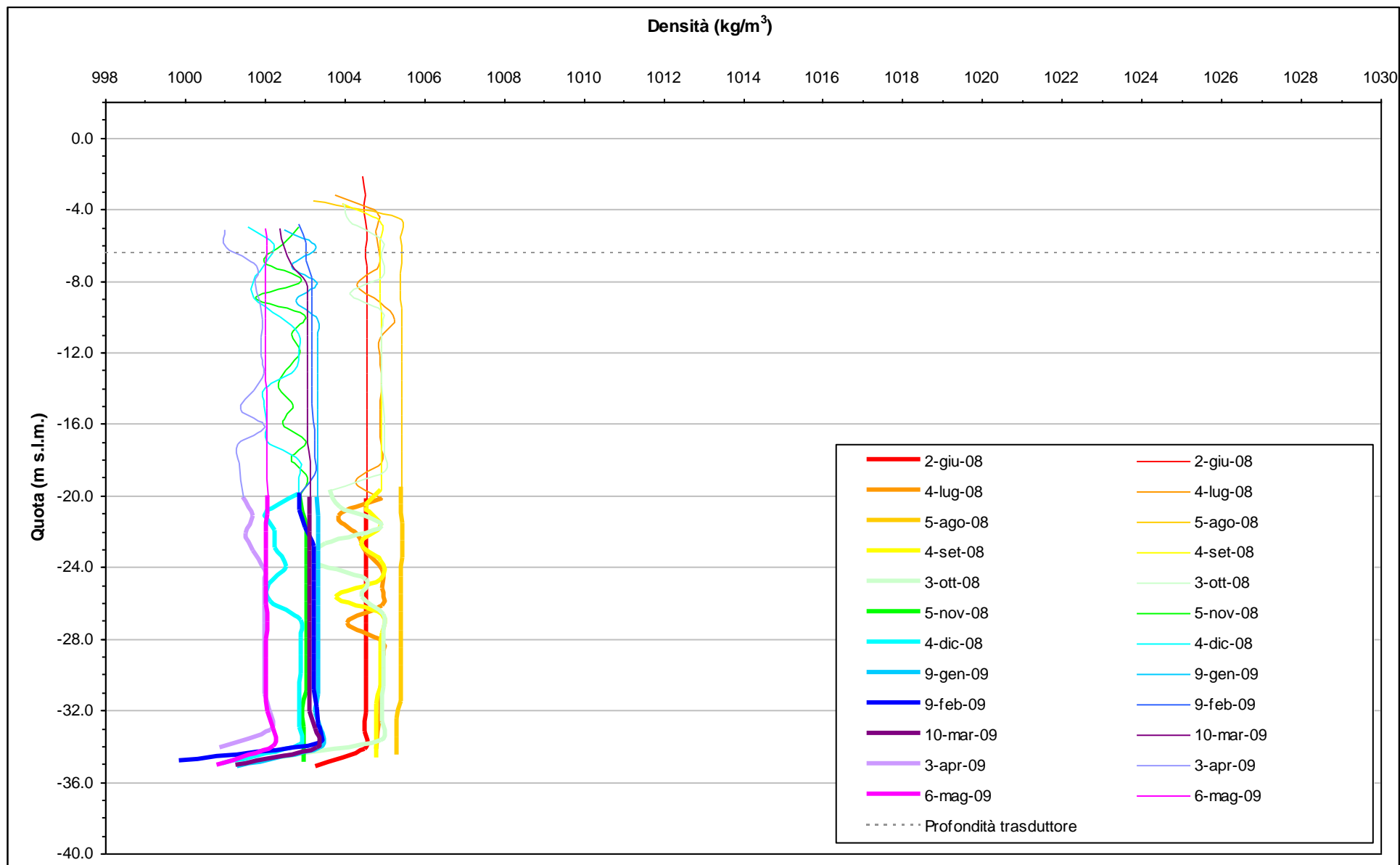


Fig. 3.17 - Profili verticali di densità PPC01.

3.5 CONCLUSIONI

Nel periodo monitorato sono stati registrati importanti cambiamenti nella dinamica dei livelli di falda profonda, nella quale si registra un declino di circa 3,60 m avvenuto nel periodo maggio - ottobre 2008 in seguito all'attivazione del sistema di dewatering della tura. Il carico idraulico nel piezometro PPC01 si è poi mantenuto pressoché costante nel periodo novembre 2008 - aprile 2009. Rispetto alla fase A, la diminuzione del livello piezometrico nell'acquifero profondo risulta pari a circa 5,5 m.

I livelli registrati dal piezometro superficiale PSC01 risultano svincolati dalle oscillazioni mareali in seguito all'infissione dei palancolati della tura, avvenuta nel mese di gennaio 2008. Tra l'inizio (01/05/08) e la fine (30/04/09) del periodo monitorato, si registra un incremento del livello di falda pari a circa 30 cm e attribuibile alle forti precipitazioni piovose, che risultano maggiori rispetto a quelle registrate nel periodo 01/05/07 - 30/04/08 (789 mm invece di 585.6 mm).

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/4 "Attività di rilevamento per il monitoraggio degli effetti prodotti dalla costruzione delle opere alle bocche lagunari". Macroattività: livelli di falda. Rapporti mensili da Maggio 2008 ad Aprile 2009. Consorzio Venezia Nuova - Esecutore CORILA

Magistrato alle Acque di Venezia. Studio B.6.72 B/4 "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 2008. Consorzio Venezia Nuova - Esecutore CORILA

Magistrato alle Acque di Venezia. Studio B.6.72 B/4 "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 2009. Consorzio Venezia Nuova - Esecutore CORILA

Magistrato alle Acque di Venezia. Studio B.6.72 B/4 "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 2009. Consorzio Venezia Nuova - Esecutore CORILA