



**STUDIO B.6.72 B/I
ATTIVITÀ DI RILEVAMENTO PER IL
MONITORAGGIO DEGLI EFFETTI PRODOTTI
DALLA COSTRUZIONE DELLE OPERE ALLE
BOCCHIE LAGUNARI**

Contratto prot.n. 31572 si/gce/fbe

I RAPPORTO DI VALUTAZIONE

**Periodo di riferimento:
da novembre 2005 a febbraio 2006**

Area: Matrice suolo

31 Marzo 2006

**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**

Supervisore macroattività

Responsabile d'Area

Approvazione

Ing. Rajandrea Sethi

Prof. Ing. Antonio Di Molfetta

Ing. Pierpaolo Campostrini

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

INDICE

1.	INTRODUZIONE.....	3
2.	INQUADRAMENTO ACQUE SUPERFICIALI.....	4
3.	STATO DI AVANZAMENTO CANTIERI	7
4.	MANUTENZIONE DELLA STRUMENTAZIONE.....	9
5.	ANALISI DEI DATI.....	10
5.1	Misura del carico idraulico mediante trasduttori di livello	11
5.2	Descrizione delle forzanti naturali.....	11
5.2.1	Precipitazioni.....	11
5.2.2	Livello del mare.....	14
5.2.3	Pressione atmosferica - h_b	17
5.3	Piezometri superficiali – primo livello acquifero (Strato A)	19
5.3.1	Livelli piezometrici (carichi idraulici) - h_{tl}	19
5.3.2	Effetti delle precipitazioni.....	21
5.3.3	Effetti mareali	25
5.4	Piezometri profondi – secondo livello acquifero (Strato C)	33
5.4.1	Livelli piezometrici (carichi idraulici) - h_{tl}	33
5.4.2	Effetti delle precipitazioni.....	35
5.4.3	Effetti mareali	39
5.5	Studio piezometrico	49
5.5.1	Piezometria superficiale.....	49
5.5.2	Piezometria superficiale.....	51
5.5.3	Piezometria profonda.....	57
6.	VERIFICA DEL RISPETTO DELLE SOGLIE DI AZIONE	63
7.	CONCLUSIONI.....	65

1. INTRODUZIONE

Il presente documento descrive l'analisi dei dati derivanti dai primi quattro mesi della fase B di monitoraggio (dal 12 Novembre 2005 al 28 Febbraio 2006) relativi alla osservazione degli effetti delle attività del cantiere alla Bocca di Lido sui due livelli acquiferi, come previsto dal Disciplinare Tecnico (Studio B.6.72 B/I "Attività di rilevamento per il monitoraggio degli effetti prodotti dalla costruzione delle opere alle bocche lagunari", Consorzio Venezia Nuova, 2004) ed illustrato nel "Rapporto di Pianificazione Operativa" (dicembre 2005).

Nel presente Rapporto sono riportati i tracciati relativi ai livelli piezometrici in corrispondenza delle 11 postazioni doppie di monitoraggio nel complessivo periodo di osservazione. I dati sono messi in relazione ai dati relativi alle forzanti naturali (precipitazioni, oscillazioni mareali e pressione atmosferica) che concorrono alla determinazione dei livelli piezometrici dei due livelli acquiferi. I livelli piezometrici misurati nelle postazioni di monitoraggio sono stati confrontati con il trend dei livelli piezometrici registrati durante la Fase A, in cui è stata valutata la variabilità attesa dei livelli di falda nella situazione "ante operam". Infine, i livelli sono stati confrontati con le soglie definite per evidenziarne eventuali superamenti.

2. INQUADRAMENTO ACQUE SUPERFICIALI

Come descritto nel “Rapporto di Pianificazione Operativa” (dicembre 2005), l’area della penisola del Cavallino è assoggettata ad un sistema a scolo naturale o meccanico alternati. Tale sistema è gestito dal Consorzio di Bonifica Basso Piave.

Nell’area in questione, come riportato in Fig.2.1, sono presenti a distanza di 1 km dalla bocca di Lido due canali di scolo principali: Canale Amalfi e Canale Zambon.

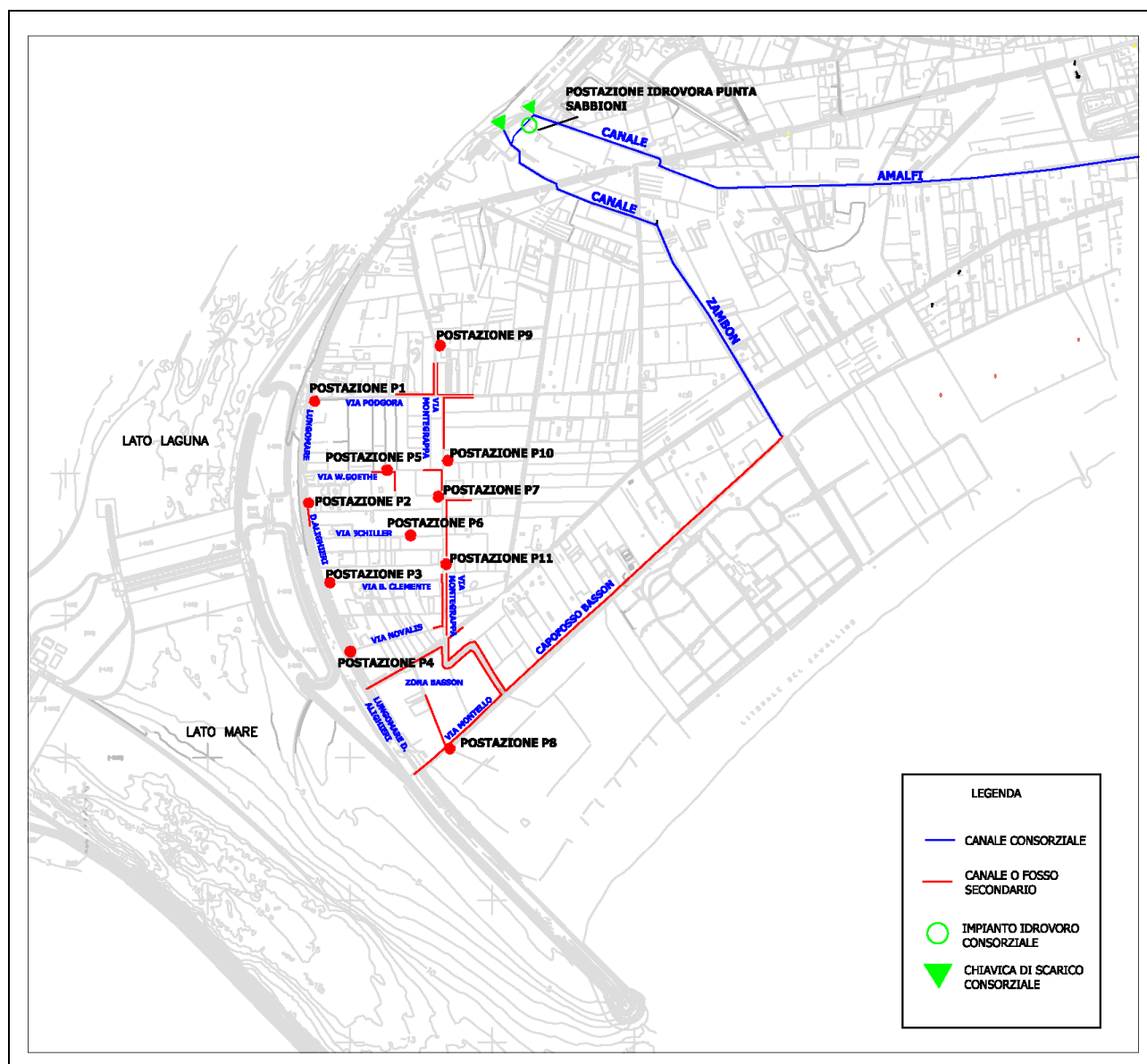


Fig.2.1- Rete di Bonifica nella zona di Punta Sabbioni

Tali canali sono mantenuti in equilibrio con la falda superficiale mediante un impianto di scolo naturale (Fig.2.2) oppure, in presenza di livelli del mare elevati, mediante impianto idrovoro (Fig.2.3) che può entrare in funzione anche diverse volte in una settimana. L’impianto non è dotato di strumentazione per la misurazione delle portate emunte dall’idrovora.

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



Fig. 2.2 - Paratoia per scolo naturale



Fig.2.3 - Impianto idrovoro

Al canale di scolo principale Zambon confluiscono dall'area di Punta Sabbioni, per effetto delle pendenze naturali del territorio, canali di scolo secondario che costeggiano le proprietà ed i campi agricoli presenti nella zona. Questi canali, della profondità di circa 0.5 m, non sono gestiti dal Consorzio di Bonifica Basso Piave (Fig.2.1).

Di questi canali, quello denominato Capofosso Basson (Fig.2.1), posto in corrispondenza di una zona depressa (Fig.2.4), risulta essere caratterizzato dalla presenza costante di acqua stagnante anche per il mancato collegamento al canale Zambon.

Tale sistema di regimazione delle acque superficiali non può non influenzare i livelli piezometrici registrati in corrispondenza del primo livello produttivo.

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

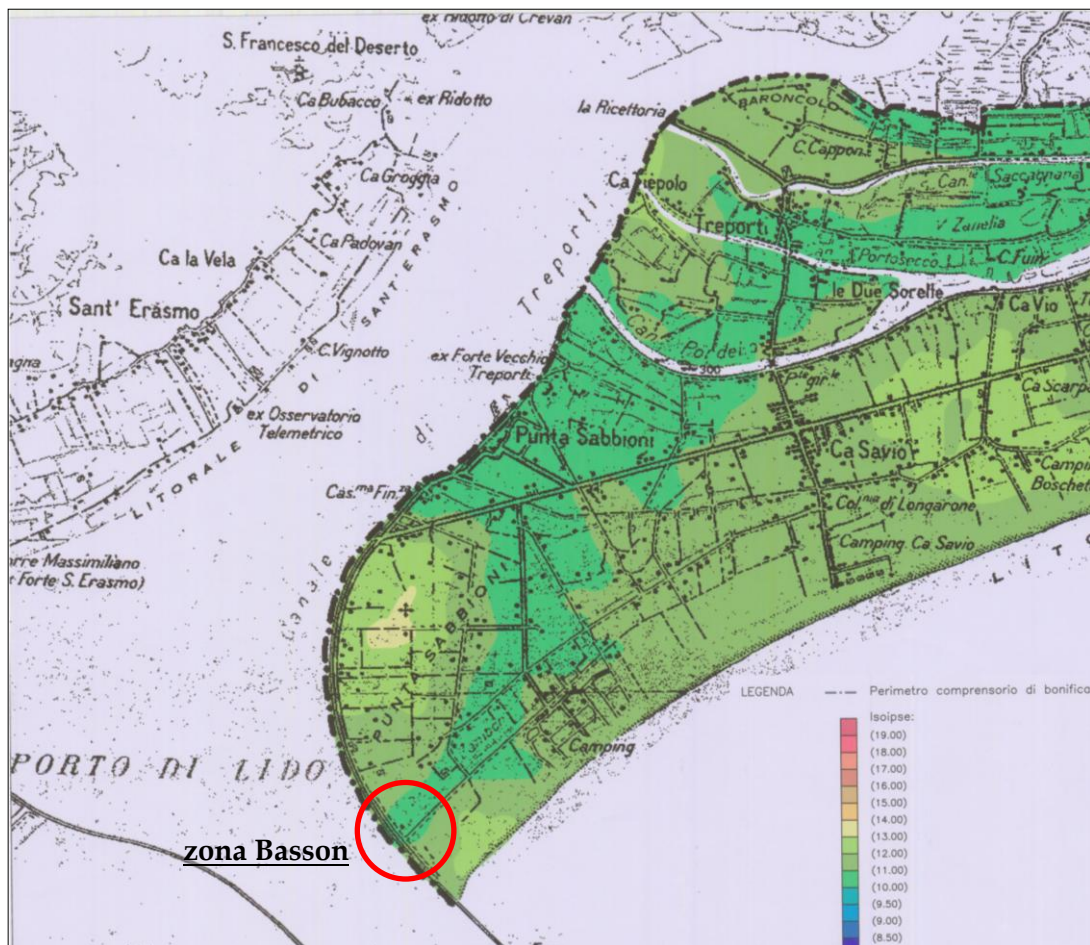


Fig.2.4 - Stralcio della Carta delle Isoipse della Penisola del Cavallino. (Fonte: Consorzio di Bonifica Basso Piave)

3. STATO DI AVANZAMENTO CANTIERI

In questo paragrafo è riportata una descrizione sintetica dello stato dei lavori in corrispondenza della Bocca di Lido, aggiornata al 28 febbraio 2006.

Le attività ultimate ed indicate nei rapporti mensili "Interventi alle Bocche di porto per la difesa dalle acque alte - Lido Treporti. OP/299. Porto Rifugio - 1^Fase - Tura" (Consorzio Venezia Nuova, novembre e dicembre 2005, gennaio e febbraio 2006) sono (vedasi Fig.3.1):

- la realizzazione della scogliera di protezione del terrapieno lato mare e del bacino del futuro porto rifugio;
- il rinforzo del molo esistente;
- l'infissione del palancoato di chiusura della conca lato mare e lato terra. L'infissione è temporaneamente sospesa e verrà ripresa su indicazione del progettista;
- la realizzazione delle piste in sabbia per l'infissione del palancoato e per la realizzazione dei diaframmi, come da indicazioni del progettista.

Le lavorazioni che, invece, risultano attualmente in corso sono (vedasi Fig.3.1):

- la costruzione della scogliera per il bacino lato laguna e posa in opera del corpo diga con materiale lapideo;
- i dragaggi all'interno del futuro porto rifugio;
- la costruzione del masso di coronamento in calcestruzzo, in prossimità del terrapieno lato mare.

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

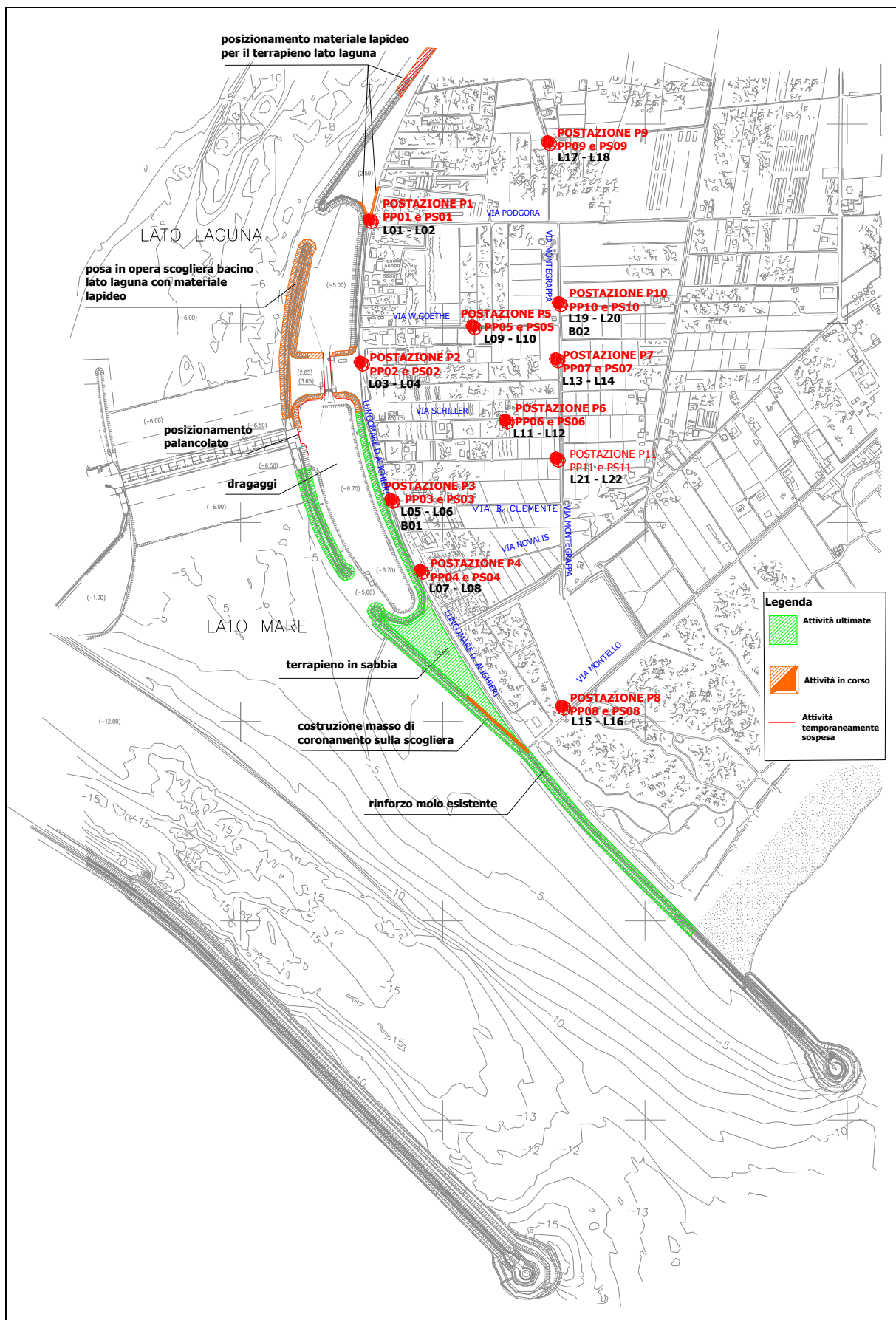


Fig. 3.1 – Stato avanzamento attività di cantiere.

4. MANUTENZIONE DELLA STRUMENTAZIONE

Durante i sopralluoghi effettuati nelle date 12 novembre 2005 e 9 dicembre 2005 è stata osservata la rottura (per corrosione) dei cavi di sospensione dei Levellogger L04 e L16 (piezometri superficiali PS02 e PS08), con conseguente perdita dei trasduttori. La corrosione dei cavi di sospensione è probabilmente da imputare all'elevata salinità dell'acqua nella zona prospiciente la bocca di porto. In occasione dell'ultimo sopralluogo, avvenuto in data 6 marzo 2006, si è proceduto alla sostituzione dei due trasduttori mancanti (vedasi "Rapporto Mensile - Febbraio 2006"). Pertanto nel presente rapporto, che si riferisce ai dati fino al 28 Febbraio 2006, non vengono indicati i dati relativi alla stazione superficiale PS02 (peraltro mancante anche per la Fase A) e PS08.

Nel corso dei quattro mesi di monitoraggio non sono state riscontrate irregolarità di funzionamento dei trasduttori, con la sola eccezione dei Levellogger L22 e L11 (rispettivamente collocati presso i piezometri PS11 e PP06) che nel mese di dicembre non hanno registrato correttamente i dati di livello. Il funzionamento dei suddetti trasduttori è ripreso regolarmente a seguito dell'aggiornamento del firmware della strumentazione avvenuto nel corso dei mesi successivi.

Per prevenire la perdita di ulteriori trasduttori, nel corso del sopralluogo avvenuto in data 19 gennaio 2006, i cavi in acciaio sono stati sostituiti con cavi in Dyneema mod. FSE Ocean 3000, del diametro di 2.5 mm (Fig.4.1): si tratta di una fibra polietilenica ad elevata inerzia chimica e caratterizzata da bassissimo modulo elastico. Gli ultimi sopralluoghi hanno confermato la resistenza ed adeguatezza di tali cavi.

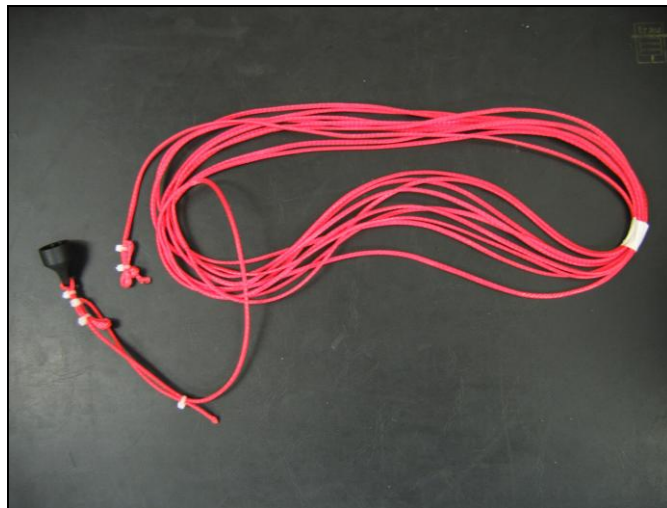


Fig.4.1 - Cavo di sospensione in Dyneema.

5. ANALISI DEI DATI

In questo capitolo vengono analizzate le risposte del sistema dinamico, registrate dai trasduttori di livello disposti nelle 11 postazioni doppie di monitoraggio (Fig.5.1), nel periodo compreso tra il 12/11/2005 - 28/02/2006.

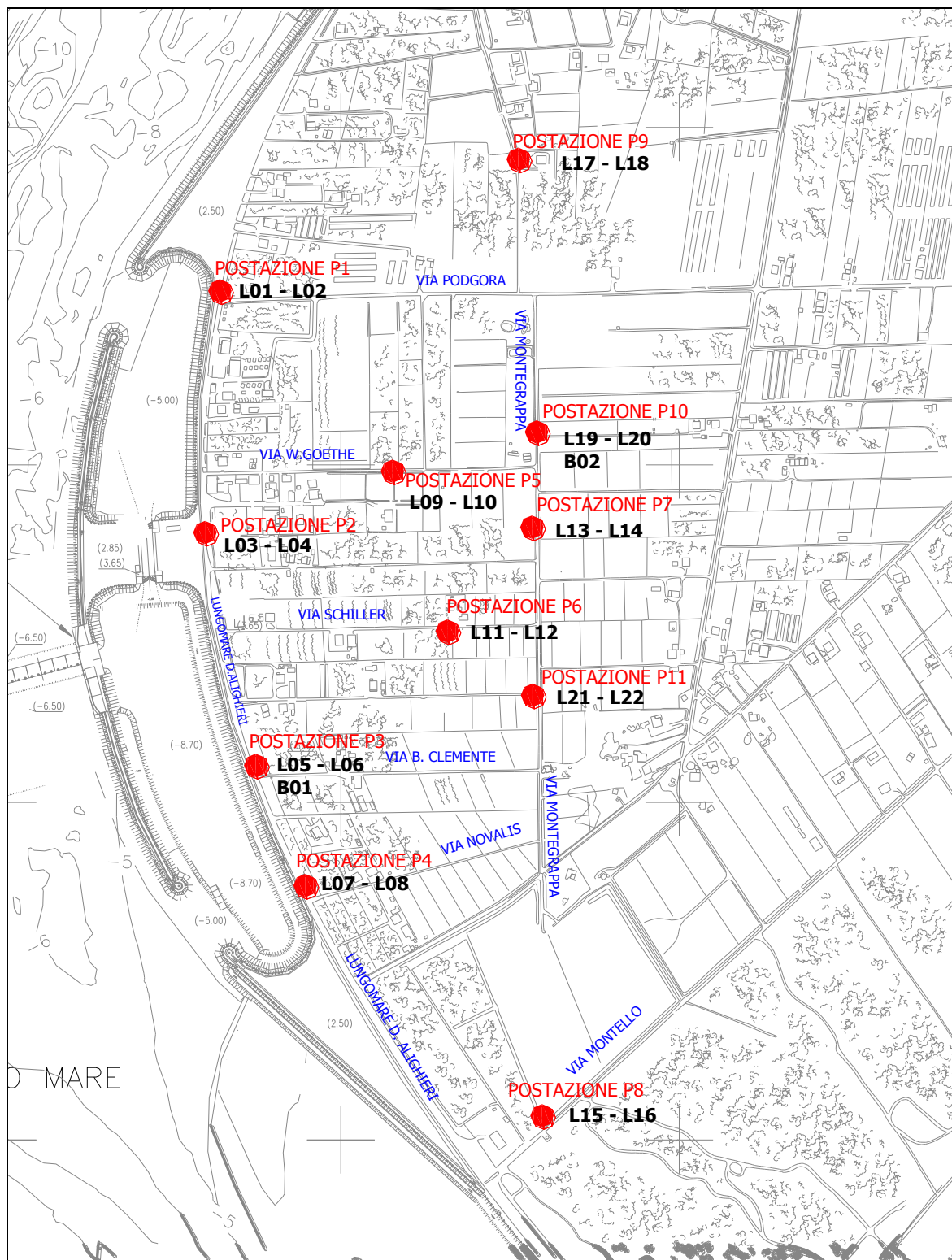


Fig.5.1 - Ubicazione delle postazioni di monitoraggio, dei Levellogger e dei Barologger.

5.1 Misura del carico idraulico mediante trasduttori di livello

La risposta del sistema è misurata dal carico idraulico h_{tl} , registrato dai 22 trasduttori di livello e calcolabile mediante l'espressione (si veda "Rapporto di Pianificazione Operativa", dicembre 2005):

$$h_{tl} = z_t - l_{cc} + h_p = z_t - l_{cc} + (h_{p-nc} - h_{cp}) - (h_b - h_{cb})$$

dove:

z_t quota ortometrica assoluta del punto di riferimento;

l_{cc} lunghezza cavo corretta pari a 7.627 m;

h_p battente idrico insistente sul trasduttore, compensato dalla pressione atmosferica;

h_{p-nc} battente idrico non compensato dalla pressione atmosferica (lettura Levellogger);

h_b battente idrico corrispondente alla pressione atmosferica (lettura Barologger).

h_{cp}, h_{cb} coefficienti correttivi relativi al Levellogger ed al Barologger calcolati in fase di calibrazione.

5.2 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.

5.2.1 Precipitazioni

I dati di precipitazione sono stati acquisiti dalla centralina MET 3000R (ubicata presso il Circolo della Vela, Lungomare Dante Alighieri, Fig.5.2), gestita dal settore "Matrice Aria e Agenti Chimici".

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

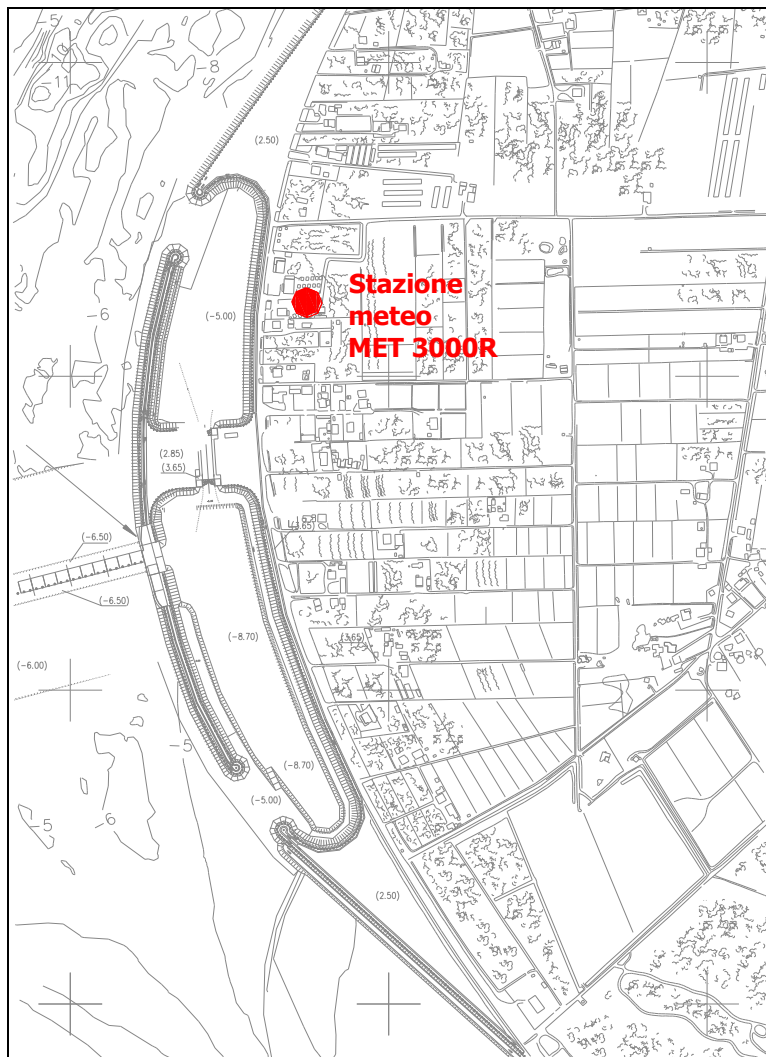


Fig.5.2 - Ubicazione stazione meteo

In Fig. 5.3 è riportato l'andamento delle precipitazioni registrate durante i quattro mesi di monitoraggio e per confronto l'andamento registrato durante la Fase A. In Tab. 5.1 vengono riportati gli eventi pluviometrici caratterizzati da una intensità tale da determinare evidenti variazioni sul trend dei livelli piezometrici superficiali e profondi. In totale si tratta di 8 eventi con altezza di precipitazione giornaliera maggiore di 5 mm.

Tab. 5.1 - Eventi pluviometrici di intensità superiore ai 5 mm verificatesi nel periodo di monitoraggio.

Data	Intensità precipitazione
20 ottobre 2005	7.2 mm
5-6-7 novembre 2005	59.8 mm
26 novembre 2005	20.8 mm
29 novembre 2005	8.8 mm
3 dicembre 2005	8.7 mm
6 dicembre 2005	7.4 mm
12 dicembre 2005	9.4 mm
1 gennaio 2006	12.6 mm

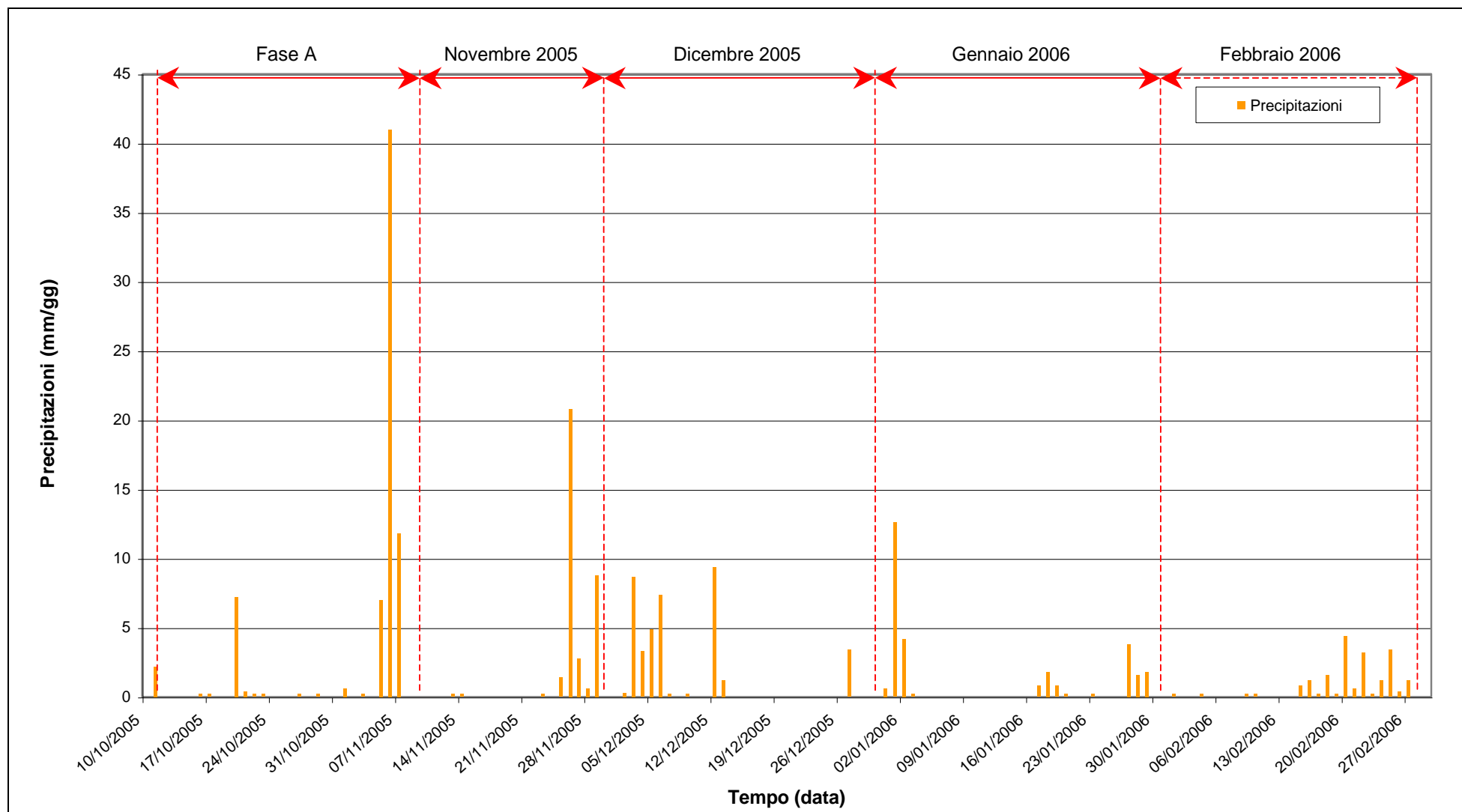


Fig.5.3 - Precipitazioni giornaliere registrate nel periodo di monitoraggio 10/10/2005 - 28/02/2006

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

5.2.2 *Livello del mare*

In Allegato 1 sono riportate le serie temporali relative ai livelli marini, corretti per permettere un confronto con i dati piezometrici. Questa correzione si rende necessaria dal momento che i dati acquisiti dalla stazione mareografica Diga Sud Lido (Rete Telemareografica della Laguna di Venezia - Istituzione Centro Previsioni e Segnalazioni Maree) sono riferiti al piano fondamentale della Rete Altimetrica dello Stato (1897), mentre quelli piezometrici, derivati da capisaldi dell'Istituto Geografico Militare, si basano sul sistema di riferimento relativo alla Rete Altimetrica dello Stato "Genova 1942". Per rendere confrontabili i livelli piezometrici (Genova 1942) ai dati di livello del mare (RAS 1897), è necessario applicare a questi ultimi una traslazione verso il basso di 23 cm.

In Fig.5.4 è riportato l'andamento del livello del mare registrato dal mareografo Diga Sud Lido durante la Fase A e durante i successivi quattro mesi di monitoraggio. I dati riportati sono riferiti alla Rete Altimetrica dello Stato "Genova 1942" e sono caratterizzati da una frequenza di acquisizione oraria durante i mesi di Ottobre, Novembre e Febbraio, e da una frequenza pari a 10 minuti durante i mesi di Dicembre e Gennaio.

Il tracciato di misura è caratterizzato da una ciclicità tipica dovuta alle influenze delle fasi lunari. Si verificano, infatti, vistosi incrementi di frequenza del fenomeno oscillatorio in corrispondenza del novilunio e del plenilunio di ciascun mese di osservazione (Tab.5.2): le ampiezze d'onda medie variano da un valore minimo pari a 0.764 m ad un valore massimo pari a 1.016 m, con un valore medio pari a 0.932. In corrispondenza, invece, dei quarti di luna (sia luna calante che crescente) le oscillazioni sono decisamente meno frequenti e più smorzate, contraddistinte da ampiezze medie variabili da un valore minimo pari a 0.554 m ad un valore massimo pari a 0.857 m, con un valore medio pari a 0.685 m.

Osservando le ampiezze medie calcolate sull'intero periodo è possibile osservare un assestamento ad un valore medio pari a 0.818 m.

Per quanto riguarda i livelli medi marini calcolati sull'intero periodo, è possibile osservare un assestamento ad un valore medio pari a 0.06 m l.m.m.

Tab. 5.2- Studio dei livelli marini e ampiezze d'onda

Periodo di osservazione	Livello marino medio (m s.l.m.)	Ampiezze medie (m)	Note
10-17 ott 2005	0.012	0.776	
17-24 ott 2005	0.114	0.764	plenilunio
24 - 1 nov 2005	0.021	0.702	
1-11 nov 2005	0.072	0.845	novilunio
12 nov-19 nov 2005	0.056	0.998	plenilunio
20 nov-26 nov 2005	0.162	0.567	
27 nov-3 dic 2005	0.276	0.926	novilunio
4 dic - 9 dic 2005	0.261	0.857	
9 dic-13 dic 2005	0.123	0.700	
14 dic-20dic 2005	0.070	0.947	plenilunio
21dic-27dic 2005	-0.077	0.623	
28 dic 2005 - 4 gen 2006	0.126	1.008	novilunio
5 gen-11 gen 2006	-0.018	0.789	
12 gen-19 gen 2006	-0.078	0.938	plenilunio
19 gen-25 gen 2006	-0.094	0.650	
26 gen - 2 feb 2006	-0.058	1.016	novilunio
3 feb - 8 feb 2006	-0.024	0.627	

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

Periodo di osservazione	Livello marino medio (m s.l.m.)	Ampiezze medie (m)	Note
9 feb-14feb 2006	-0.006	0.908	plenilunio
14-16 febb 2006	-0.022	0.908	plenilunio
17-23 febb 2006	0.118	0.554	
23-28 febb 2006	0.138	0.970	novilunio
intero periodo	0.06	0.818	

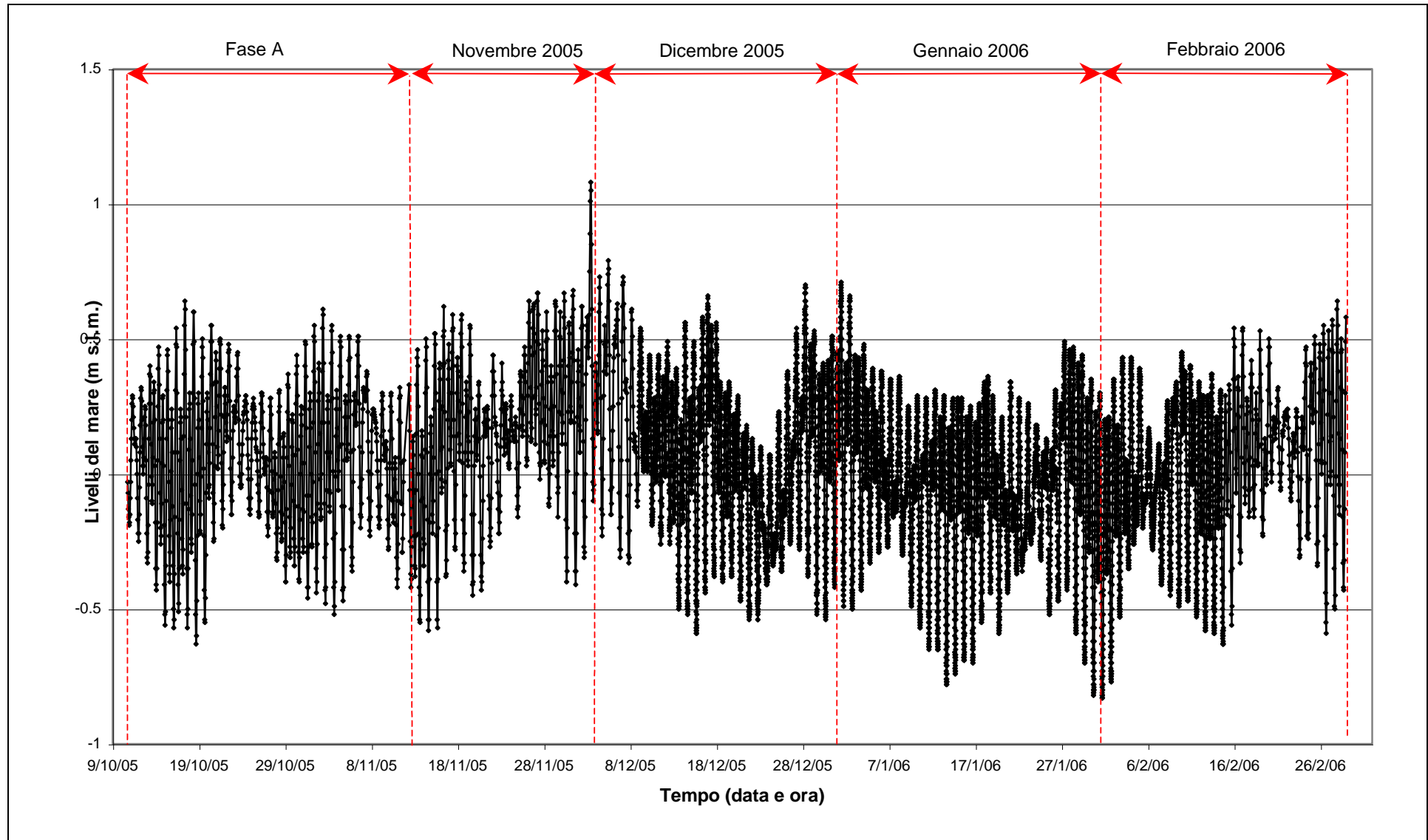


Fig. 5.4 - Livello del mare misurato in corrispondenza del mareografo Diga Sud Lido

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

5.2.3 *Pressione atmosferica - h_b*

Nell'area oggetto del monitoraggio sono presenti due Barologger B01 e B02, in corrispondenza dei piezometri profondi PP03 e PP10, che registrano la pressione atmosferica in prossimità di due subaree: una posta in prossimità del Lungomare Dante Alighieri e l'altra più interna (Fig.5.5).

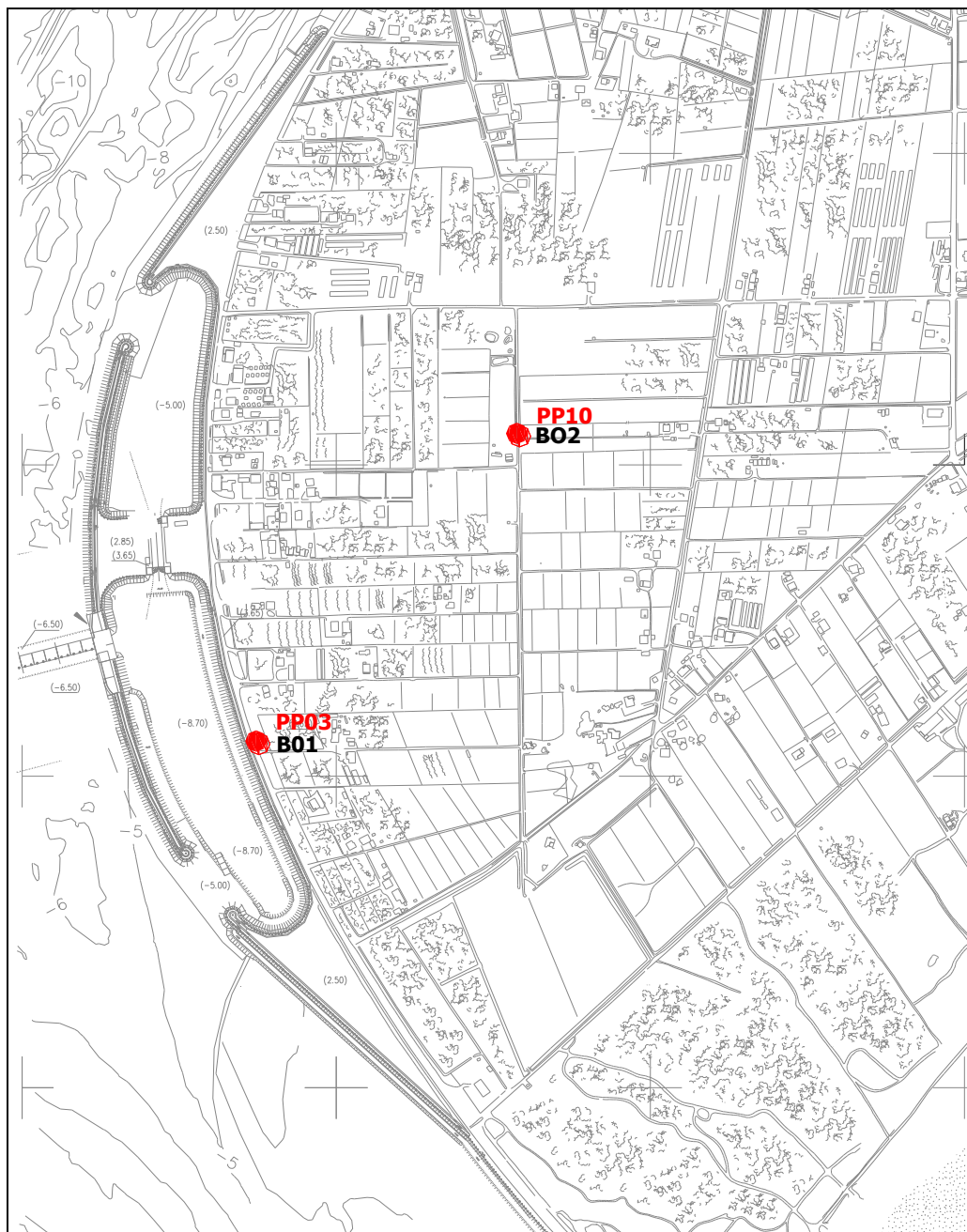


Fig.5.5- Ubicazione dei Barologger B01 e B02

In Fig.5.6 è riportato l'andamento dei tracciati di misura nel periodo di osservazione. È possibile osservare come i dati registrati dai due strumenti siano in buon accordo. Analogamente a quanto descritto nel "Rapporto di Variabilità Attesa" (dicembre 2005), per la compensazione dei dati è stato utilizzato il Barologger B02.

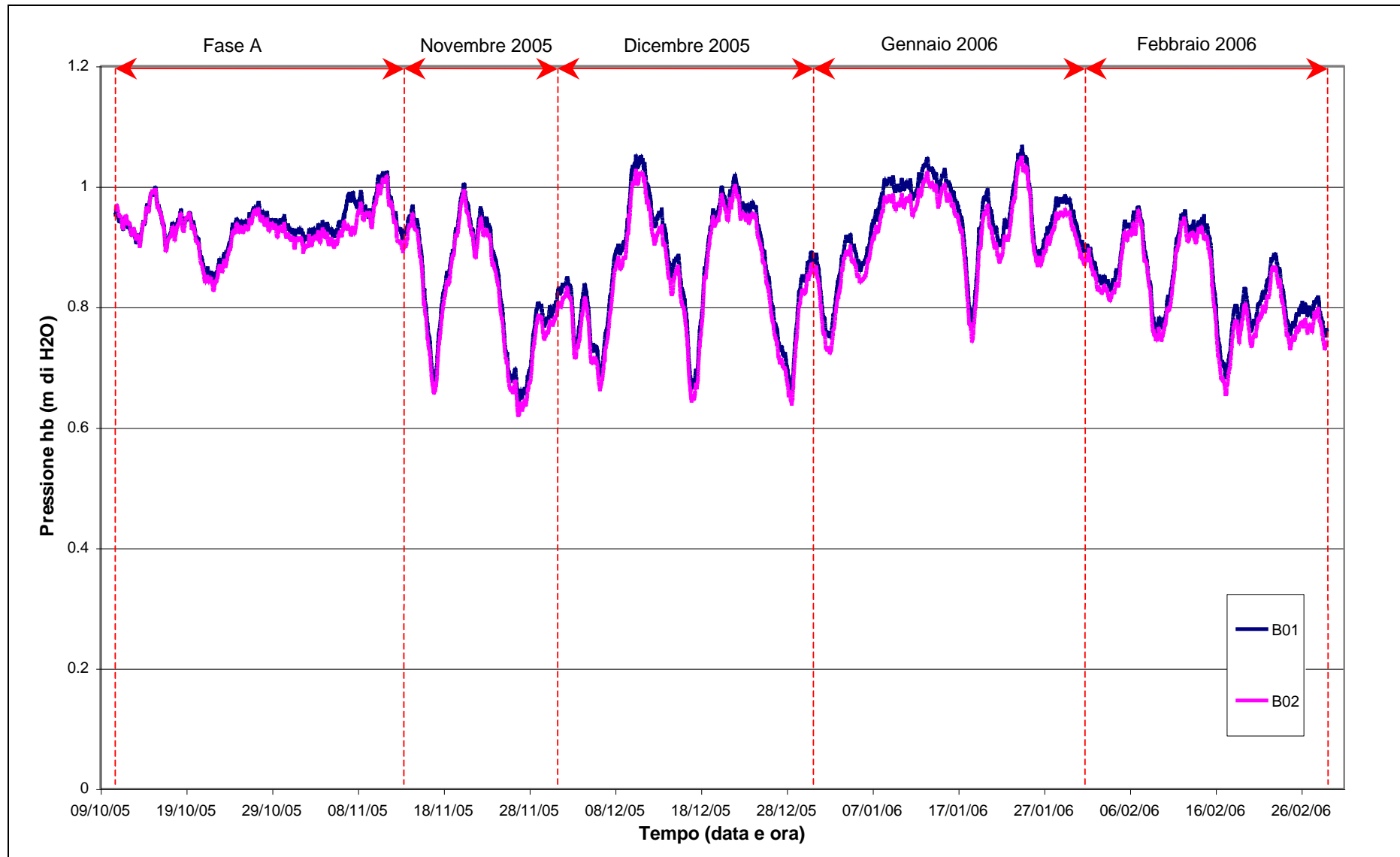


Fig.5.6 - Tracciati di misura dei Barologger B01 e B02 (hb)

5.3 Piezometri superficiali – primo livello acquifero (Strato A)

Di seguito verranno presentati ed analizzati gli andamenti, in funzione del tempo, dei livelli piezometrici assoluti calcolati secondo quanto descritto nel paragrafo 5.1, degli 11 piezometri superficiali (ad eccezione del PS02 e del PS08 non funzionanti nel periodo oggetto del presente rapporto) finestrati in corrispondenza del primo livello acquifero (Strato A).

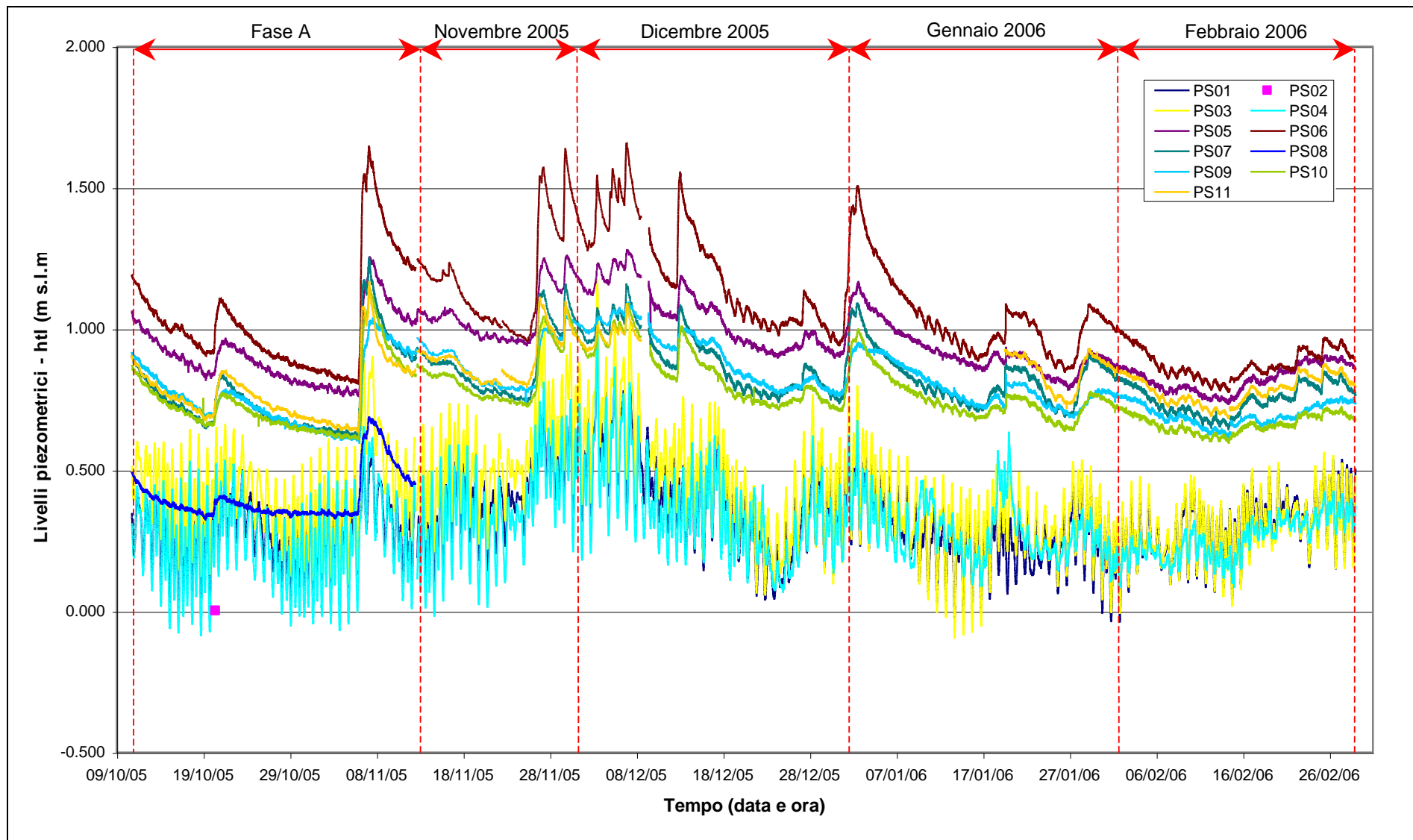
5.3.1 Livelli piezometrici (carichi idraulici) - htl

I dati riportati in Fig.5.7 sono riferiti ai 4 mesi di monitoraggio di Fase B e per confronto vengono riportati anche i dati osservati durante la Fase A.

Dall'analisi dei tracciati riportati in Fig.5.7 è possibile osservare come i piezometri superficiali siano, in misura diversa, sensibili alle forzanti naturali:

- i piezometri PS01, PS03 e PS04, posti in prossimità del Lungomare Dante Alighieri, sono caratterizzati da un andamento sinusoidale correlabile alle evoluzioni mareali;
- i piezometri PS05, PS06, PS07, PS09, PS10 e PS11, collocati nella porzione più interna della Area di Monitoraggio e quindi più distanti dal mare, presentano tracciati di misura che non sono caratterizzati da un andamento sinusoidale, ma da un trend regolare influenzato in modo rilevante dai fenomeni meteorologici.

L'influenza di questi fenomeni fisici verrà illustrata separatamente nei paragrafi seguenti.

Fig.5.7 - Livelli piezometrici (h_t) relativi ai piezometri superficiali

5.3.2 *Effetti delle precipitazioni*

In Fig.5.8 è stato confrontato l'andamento dei livelli piezometrici in corrispondenza dei piezometri superficiali ubicati nella porzione interna dell'Area di Monitoraggio con le precipitazioni verificatesi nell'intero periodo di monitoraggio. Dai tracciati di misura è possibile notare come, in corrispondenza di eventi pluviometrici particolarmente intensi si verifichino, in corrispondenza dei piezometri, notevoli escursioni dal livello piezometrico. La risposta all'evento meteorico è simile per tutti i piezometri, ma è particolarmente accentuata in corrispondenza dei piezometri PS06 e PS07. I picchi che si ottengono a seguito della precipitazione meteorica si smorzano con legge esponenziale dopo circa 10 ore.

Nelle Tab.5.4 e Tab.5.5 sono stati esaminati i fenomeni meteorologici e la loro influenza sui livelli registrati nei piezometri superficiali ed interni all'Area di Monitoraggio. Per raffronto vengono indicati anche i fenomeni registrati durante la Fase A (Tab.5.3). Le escursioni di livello sono comprese tra un minimo di 0.030 m (in corrispondenza del PS09, mese di dicembre) ed un massimo di 0.494 m (in corrispondenza del PS06, mese di gennaio). Come è possibile osservare in Fig.5.8 ed in Tab.5.3, soltanto in occasione dell'evento meteorico del 6 novembre 2005, caratterizzato da altezza di pioggia pari a 59.8 mm, l'escursione massima raggiunge valore di 0.793 m (in corrispondenza del PS06).

È possibile osservare che, in corrispondenza di ogni evento meteorologico, i piezometri più sensibili e che mostrano marcate escursioni dei livelli sono il PS06 ed il PS07, mentre è il PS09 che mostra una risposta meno marcata, come già riscontrato nel "Rapporto di Variabilità Attesa".

Tab.5.3 - Statistiche relative all'influenza delle precipitazioni sui livelli registrati nei piezometri superficiali, interni all'Area di Monitoraggio. Fase A.

Piezometro Superficiale	evento meteorico			evento meteorico		
	20 ottobre 2005	7.2 mm		5-6-7 novembre 2005	59.8 mm	
	Livello piezometrico medio prima della precipitazione (m s.l.m.)	Max escursione (m)	Rapporto altezza di pioggia/Max escursione	Livello piezometrico medio prima della precipitazione (m s.l.m.)	Max escursione (m)	Rapporto altezza di pioggia/Max escursione
PS05	0.920	0.124	n. d.	0.801	0.456	0.131
PS06	1.015	0.160	n. d.	0.855	0.793	0.075
PS07	0.746	0.146	n. d.	0.649	0.606	0.098
PS08	0.384	0.025	n. d.	0.346	0.344	0.174
PS09	0.783	0.087	n. d.	0.643	0.389	0.153
PS10	0.735	0.100	n. d.	0.639	0.507	0.118
PS11	0.766	0.140	n. d.	0.678	0.490	0.122

n.d.: si ricorda che durante la prima precipitazione si è verificato un malfunzionamento del pluviometro che rende impossibile un calcolo esatto dell'altezza di pioggia.

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

Tab.5.4 – Statistiche relative all’influenza delle precipitazioni sui livelli registrati nei piezometri superficiali, interni all’ Area di Monitoraggio. Mese di Novembre 2005

Piezometro Superficiale	evento meteorico			evento meteorico		
	26 novembre 2005		20.8 mm	29 novembre 2005		8.8 mm
	Livello piezometrico medio prima della precipitazione (m s.l.m.)	Max escursione (m)	Rapporto altezza di pioggia/Max escursione	Livello piezometrico medio prima della precipitazione (m s.l.m.)	Max escursione (m)	Rapporto altezza di pioggia/Max escursione
PS05	1.001	0.252	0.082	1.067	0.174	0.051
PS06	1.089	0.485	0.042	1.367	0.273	0.032
PS07	0.819	0.320	0.065	1.005	0.152	0.058
PS08	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
PS09	0.850	0.153	0.136	0.973	0.065	0.136
PS10	0.787	0.259	0.080	0.951	0.100	0.088
PS11	0.839	0.275	0.076	0.973	0.126	0.070

CORILA

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

Tab.5.5 – Statistiche relative all'influenza delle precipitazioni sui livelli registrati nei piezometri superficiali, interni all' Area di Monitoraggio. Mese di Dicembre 2005 e mese di Gennaio 2006.

Piezometro Superficiale	Evento meteorico			Evento meteorico		
	3 dicembre 2005		8.7 mm	6 dicembre 2005		7.4 mm
	Livello piezometrico medio prima della precipitazione (m s.l.m.)	Max escursione (m)	Rapporto altezza di pioggia/Max escursione	Livello piezometrico medio prima della precipitazione (m s.l.m.)	Max escursione (m)	Rapporto altezza di pioggia/Max escursione
PS05	1.177	0.057	0.151	1.226	0.057	0.121
PS06	1.397	0.148	0.059	1.479	0.179	0.046
PS07	1.014	0.062	0.140	1.046	0.114	0.099
PS08	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
PS09	1.013	0.030	0.294	1.058	0.033	0.180
PS10	0.968	0.030	0.286	1.003	0.088	0.114
PS11	0.971	0.043	0.200	0.992	0.098	0.140

Piezometro Superficiale	Evento meteorico			Evento meteorico		
	12 dicembre 2005		9.4mm	1 gennaio 2006		12.6 mm
	Livello piezometrico medio prima della precipitazione (m s.l.m.)	Max escursione (m)	Rapporto altezza di pioggia/Max escursione	Livello piezometrico medio prima della precipitazione (m s.l.m.)	Max escursione (m)	Rapporto altezza di pioggia/Max escursione
PS05	1.063	0.122	0.077	0.942	0.228	0.055
PS06	1.203	0.354	0.026	1.015	0.494	0.025
PS07	0.896	0.189	0.050	0.799	0.294	0.043
PS08	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
PS09	0.948	0.051	0.184	0.794	0.161	0.078
PS10	0.852	0.145	0.065	0.750	0.252	0.050
PS11	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d

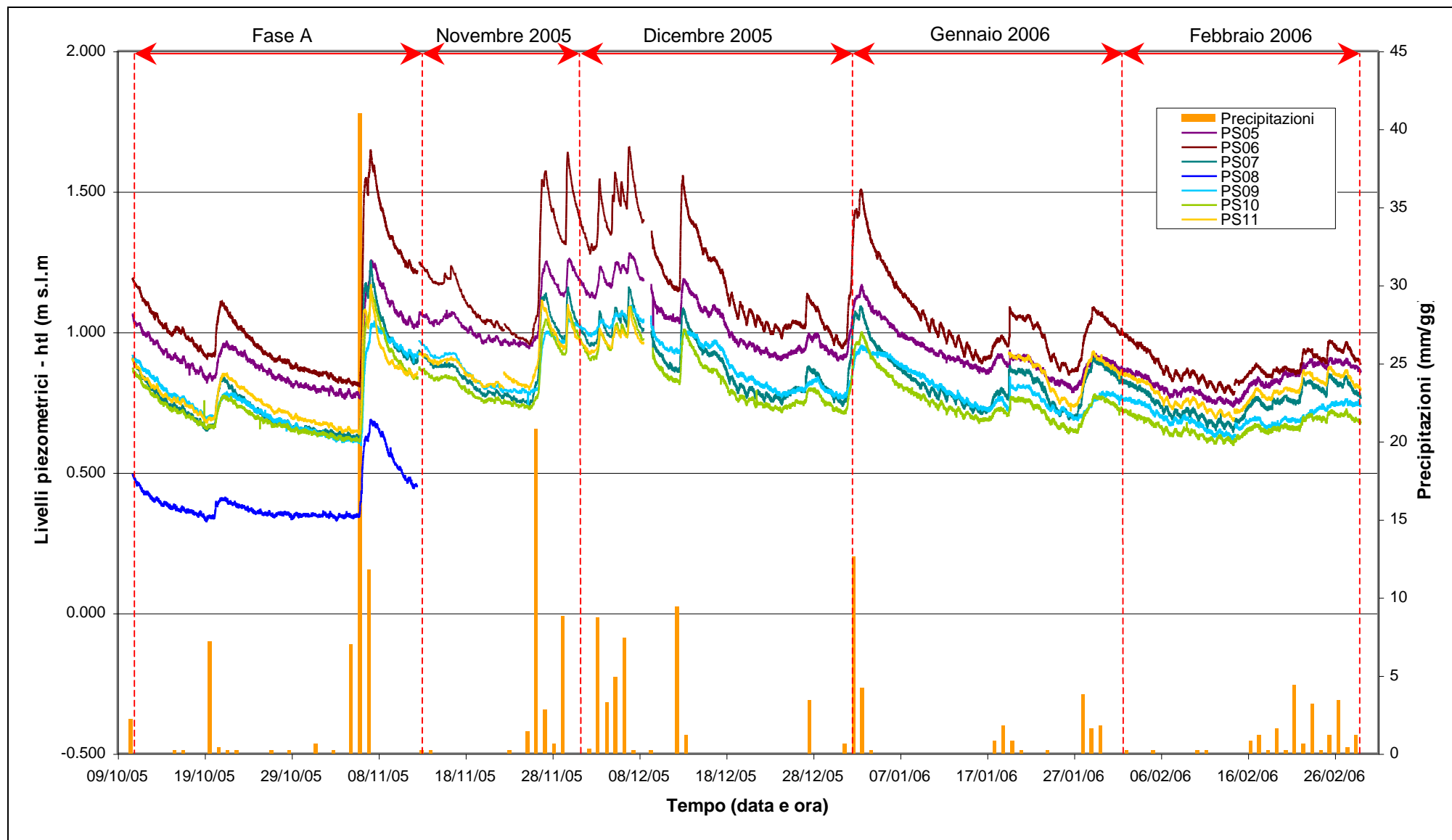


Fig.5.8 - Livelli piezometrici dei piezometri superficiali interni all'Area di Monitoraggio e precipitazioni.

5.3.3 *Effetti mareali*

In Fig.5.9 è possibile confrontare i tracciati di misura dei trasduttori posizionati in corrispondenza dei piezometri PS01, PS03 e PS04 disposti sul Lungomare Dante Alighieri e le escursioni mareali registrate in corrispondenza del mareografo Diga Sud Lido. Per raffronto vengono indicati anche i tracciati registrati durante la Fase A.

Le serie temporali seguono andamenti caratterizzati da una ciclicità che è tipica delle evoluzioni mareali. Si verificano, infatti, vistosi incrementi di frequenza del fenomeno oscillatorio in corrispondenza del plenilunio e del novilunio. In corrispondenza dei quarti di luna (sia luna calante che crescente) le oscillazioni sono decisamente meno frequenti e più smorzate. Il periodo di oscillazione dei livelli nei piezometri varia da 12 h (novilunio e plenilunio) a 24 h (luna calante e crescente). Da un'analisi dei dati è possibile riscontrare uno sfasamento di circa due ore tra le oscillazioni mareali e quelle piezometriche.

Le Tabb.5.6 - 5.8 - 5.10 - 5.12 riportano le ampiezze d'onda medie calcolate sui singoli mesi di osservazione e le ampiezze calcolate in corrispondenza di periodi intermedi di osservazione, coincidenti con le fasi lunari: l'ampiezza non subisce variazioni significative, se non in corrispondenza degli eventi piovosi indicati precedentemente (vedasi paragrafo 5.3.2).

Nelle Tabb.5.7- 5.9 - 5.11 - 5.13 è riportato il confronto tra i livelli piezometrici medi riscontrati in corrispondenza dei piezometri superficiali PS01, PS03 e PS04 ed i livelli marini medi.

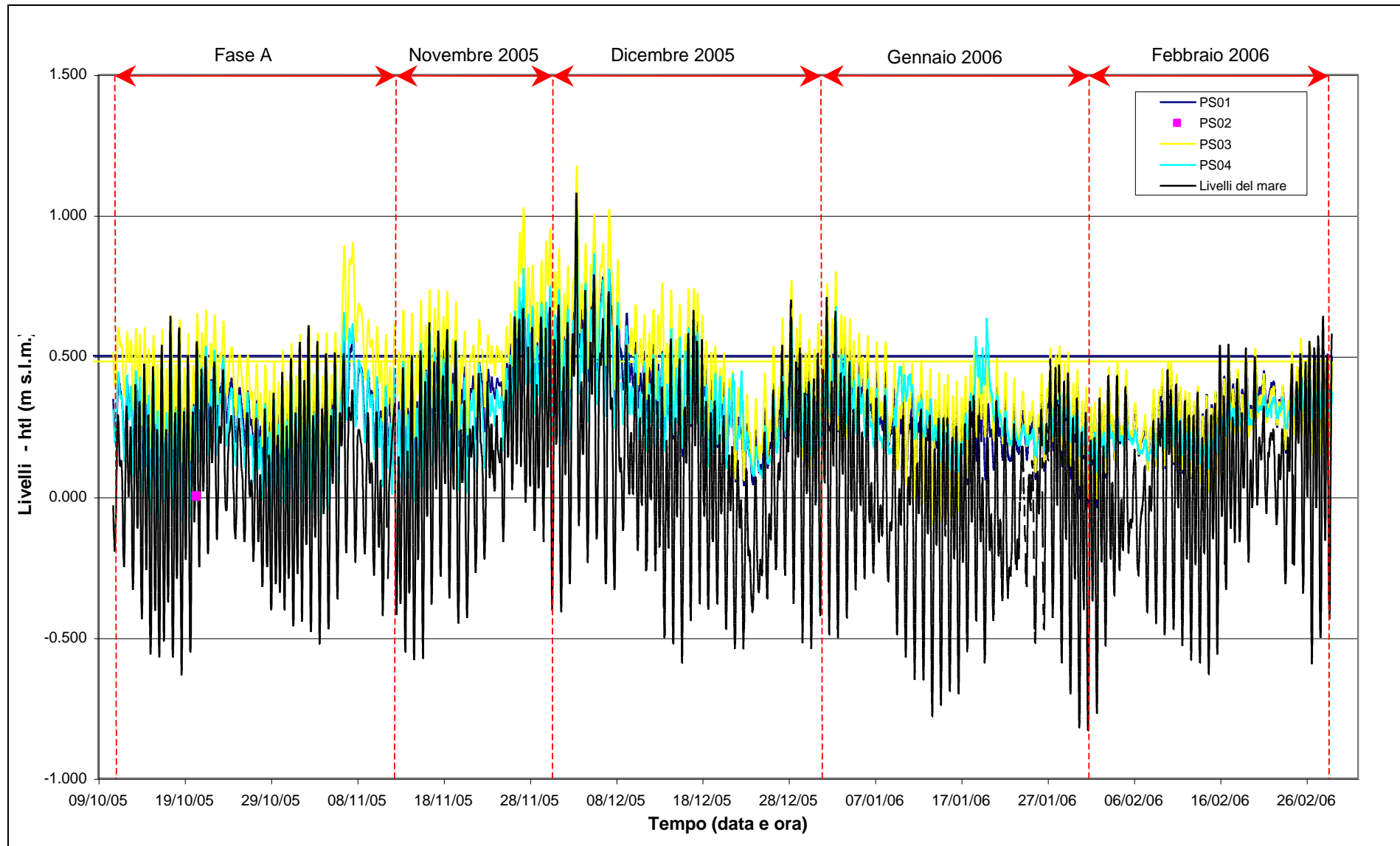


Fig.5.9 - Livelli piezometrici dei piezometri superficiali PS01, PS03 e PS04 e livelli del mare

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

In Tab.5.6 le ampiezze d'onda confrontate sono riferite ai dati del mese di novembre 2005. Anche in questo caso l'ampiezza varia secondo le fasi lunari (sigizie e quadrature), come già si verifica per i livelli del mare (vedasi Tab.5.2). Analogamente a quanto già osservato in Fase A (vedasi "Rapporto di Variabilità Attesa", dicembre 2005) le ampiezze d'onda dei livelli piezometrici sono comprese tra il 37% ed il 51% delle ampiezze del livello marino.

Tab.5.6 - Ampiezze d'onda assolute e relative dei livelli piezometrici. Mese di novembre 2005

Periodo	12-19 nov 2005 (plenilunio)		20-26 nov 2005		27nov-3 dic 2005 (novilunio)		Intero periodo	
	Ass. (m)	Rel. mare (%)	Ass. (m)	Rel. mare (%)	Ass. (m)	Rel. mare (%)	Ass. (m)	Rel. mare (%)
PS01	0.325	33	0.238	42	0.355	38	0.306	37
PS02	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
PS03	0.395	40	0.295	52	0.460	50	0.383	46
PS04	0.453	45	0.321	57	0.489	53	0.421	51
livello mare	0.998	100	0.567	100	0.926	100	0.830	100

In Tab.5.7 è riportato un confronto tra i livelli piezometrici medi riscontrati in corrispondenza dei piezometri superficiali PS01, PS03 e PS04 ed i livelli marini medi: è possibile notare come i livelli piezometrici siano superiori ai livelli marini medi. Tale differenza è marcata in corrispondenza del piezometro PS03, mentre per i piezometri PS01 e PS04 tale differenza rimane inferiore.

Tab.5.7 - Confronto tra i livelli piezometrici e marini medi. Mese di novembre 2005

Periodo	12-19 nov 2005		20-26 nov 2005		27nov-3 dic 2005		Intero periodo	
	\bar{h}_{tp} (m)	Diff. (m)	\bar{h}_{tp} (m)	Diff. (m)	\bar{h}_{tp} (m)	Diff. (m)	\bar{h}_{tp} (m)	Diff. (m)
PS01	0.356	0.300	0.399	0.237	0.568	0.292	0.441	0.276
PS02	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
PS03	0.487	0.431	0.508	0.346	0.710	0.434	0.568	0.403
PS04	0.292	0.236	0.332	0.170	0.518	0.242	0.381	0.216
livello mare	0.056	0	0.162	0	0.276	0	0.165	0

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

In Tab.5.8 le ampiezze d'onda confrontate sono riferite ai dati del mese di dicembre 2005. Anche in questo caso l'ampiezza varia secondo le fasi lunari (sigizie e quadrature), come già si verifica per i livelli del mare (vedasi Tab.5.2). Analogamente a quanto già osservato in Fase A (vedasi "Rapporto di Variabilità Attesa", dicembre 2005), in Tab.5.8 è possibile notare come le ampiezze d'onda dei livelli piezometrici siano comprese tra il 36% (PS01) ed il 49 % (PS03) delle ampiezze del livello marino.

Tab.5.8 - Ampiezze d'onda assolute e relative dei livelli piezometrici. Mese di dicembre 2005

Periodo	4-9 dic 2005		9-13 dic 2005		14-20 dic 2005 (plenilunio)		21-27 2005		Intero periodo	
	Ass. (m)	Rel. mare (%)	Ass. (m)	Rel. mare (%)	Ass. (m)	Rel. mare (%)	Ass. (m)	Rel. mare (%)	Ass. (m)	Rel. mare (%)
PS01	0.326	38	0.228	33	0.338	36	0.236	38	0.282	36
PS02	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
PS03	0.461	54	0.297	43	0.442	47	0.327	53	0.382	49
PS04	0.413	48	0.281	40	0.366	39	0.214	34	0.318	41
livello mare	0.857	100	0.700	100	0.947	100	0.623	100	0.782	100

In Tab.5.9 è riportato un confronto tra i livelli piezometrici medi riscontrati in corrispondenza dei piezometri superficiali PS01, PS03 e PS04 ed i livelli marini medi: anche in questo caso, è possibile notare che i livelli piezometrici sono superiori ai livelli marini medi e tale differenza è soprattutto marcata in corrispondenza del piezometro PS03, mentre per i piezometri PS01 e PS04 tale differenza è inferiore ed assume valori simili.

Tab.5.9 - Confronto tra i livelli piezometrici e marini medi. Mese di dicembre 2005

Periodo	4-9 dic 2005		9-13 dic 2005		14-20 dic 2005		21-27 dic 2005		Intero periodo	
	\bar{h}_{tp} (m)	Diff. (m)	\bar{h}_{tp} (m)	Diff. (m)	\bar{h}_{tp} (m)	Diff. (m)	\bar{h}_{tp} (m)	Diff. (m)	\bar{h}_{tp} (m)	Diff. (m)
PS01	0.604	0.415	0.404	0.284	0.373	0.303	0.216	0.293	0.399	0.323
PS02	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
PS03	0.698	0.509	0.528	0.405	0.455	0.385	0.289	0.366	0.493	0.417
PS04	0.545	0.356	0.335	0.212	0.346	0.276	0.220	0.297	0.362	0.286
livello mare	0.189	0	0.123	0	0.070	0	-0.077	0	0.076	0

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

In Tab.5.10 le ampiezze d'onda confrontate sono riferite ai dati del mese di gennaio 2006. Anche in questo caso l'ampiezza varia secondo le fasi lunari (sigizie e quadrature), come già si verifica per i livelli del mare (vedasi Tab.5.2). In Tab.5.10 è possibile notare come le ampiezze d'onda dei livelli piezometrici siano inferiori rispetto a quanto calcolato durante la Fase A (vedasi "Rapporto di Variabilità Attesa", dicembre 2005). Differenze notevoli si riscontrano nel limite inferiore: infatti le ampiezze d'onda sono comprese tra il 19% (per il PS04) ed il 35% (PS03) delle ampiezze del livello marino.

Tab.5.10 - Ampiezze d'onda assolute e relative dei livelli piezometrici. Mese di gennaio 2006

Periodo	28 dic 2005- 4 gen 2006 (novilunio)		4-12 gen 2006		12-19 gen 2006 (plenilunio)		19 -25 gen 2006		26 gen-2 feb 2006 (novilunio)		Intero periodo	
	Ass. (m)	Rel. mare (%)	Ass. (m)	Rel. mare (%)	Ass. (m)	Rel. mare (%)	Ass. (m)	Rel. mare (%)	Ass. (m)	Rel. mare (%)	Ass. (m)	Rel. mare (%)
PS01	0.351	35	0.276	35	0.304	32	0.228	35	0.356	35	0.248	22
PS02	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
PS03	0.479	48	0.378	48	0.426	45	0.253	39	0.376	37	0.382	35
PS04	0.315	79	0.228	29	0.165	18	0.163	25	0.154	15	0.205	19
livello mare	1.008	100	0.789	100	0.938	100	0.650	100	1.016	100	1.100	100

In Tab.5.11 è riportato un confronto tra i livelli piezometrici medi riscontrati in corrispondenza dei piezometri superficiali PS01, PS03 e PS04 ed i livelli marini medi: è possibile notare che i livelli piezometrici sono superiori ai livelli marini medi e tale differenza è soprattutto marcata in corrispondenza del piezometro PS03, mentre per i piezometri PS01 e PS04 tale differenza è inferiore ed assume valori simili.

Tab.5.11- Confronto tra i livelli piezometrici e marini medi. Mese di gennaio 2006

Periodo	28 dic 2005- 4 gen 2006		4-12 gen 2006		12-19 gen 2006		19 -25 gen 2006		26 gen-2 feb 2006		Intero periodo	
	\bar{h}_p (m)	Diff. (m)	\bar{h}_p (m)	Diff. (m)	\bar{h}_p (m)	Diff. (m)	\bar{h}_p (m)	Diff. (m)	\bar{h}_p (m)	Diff. (m)	\bar{h}_p (m)	Diff. (m)
PS01	0.395	0.269	0.285	0.303	0.211	0.133	0.215	0.309	0.245	0.303	0.270	0.294
PS02	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
PS03	0.457	0.331	0.338	0.356	0.262	0.184	0.287	0.381	0.278	0.336	0.324	0.348
PS04	0.359	0.233	0.302	0.32	0.257	0.179	0.273	0.367	0.230	0.288	0.284	0.308
livello mare	0.126	0	-0.018	0	-0.078	0	-0.094	0	-0.058	0	-0.024	0

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

In Tab.5.12 le ampiezze d'onda confrontate sono riferite ai dati del mese di febbraio 2006. Anche in questo caso in questo caso l'ampiezza varia secondo le fasi lunari (sigizie e quadrature), come già si verifica per i livelli del mare (vedasi Tab.5.2). In Tab.5.12 è possibile notare come le ampiezze d'onda dei livelli piezometrici siano inferiori rispetto a quanto osservato durante la Fase A (vedasi "Rapporto di Variabilità Attesa", dicembre 2005). Differenze notevoli si riscontrano nel limite inferiore: infatti le ampiezze d'onda sono comprese tra il 13% (per il PS04) ed il 36% (per il PS03) delle ampiezze del livello marino.

Tab.5.12 - Ampiezze d'onda assolute e relative dei livelli piezometrici. Mese di febbraio 2006

Periodo	3-8 feb 2006		9-14 feb 2006 (plenilunio)		14-16 feb 2006 (plenilunio)		17-23 febb 2006		23-28 febb 2006 (novilunio)		Intero periodo	
	Ass. (m)	Rel. mare (%)	Ass. (m)	Rel. mare (%)	Ass. (m)	Rel. mare (%)	Ass. (m)	Rel. mare (%)	Ass. (m)	Rel. mare (%)	Ass. (m)	Rel. mare (%)
PS01	0.212	34	0.242	27	0.274	30	0.206	37	0.323	33	0.251	32
PS02	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
PS03	0.255	41	0.269	30	0.303	33	0.234	42	0.356	37	0.283	36
PS04	0.095	15	0.117	13	0.092	10	0.090	16	0.125	13	0.104	13
livello mare	0.627	0	0.908	0	0.908	0	0.554	0	0.970	0	0.793	0

In Tab.5.13 è riportato un confronto tra i livelli piezometrici medi riscontrati in corrispondenza dei piezometri superficiali PS01, PS03 e PS04 ed i livelli marini medi: è possibile notare che i livelli piezometrici sono superiori ai livelli marini medi e tale differenza è soprattutto marcata in corrispondenza dei piezometri PS01 e PS03, mentre per il PS04 la differenza non si discosta da quelle calcolate nei mesi precedenti.

Tab.5.13 - Confronto tra i livelli piezometrici e marini medi. Mese di febbraio 2006

Periodo	3-8 feb 2006		9-14 feb 2006		14-16 feb 2006		17-23 febb 2006		23-28 febb 2006		Intero periodo	
	\bar{h}_{tp} (m)	Diff. (m)	\bar{h}_{tp} (m)	Diff. (m)	\bar{h}_{tp} (m)	Diff. (m)	\bar{h}_{tp} (m)	Diff. (m)	\bar{h}_{tp} (m)	Diff. (m)	\bar{h}_{tp} (m)	Diff. (m)
PS01	0.241	0.265	0.278	0.284	0.259	0.281	0.347	0.229	0.378	0.24	0.300	0.259
PS02	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
PS03	0.254	0.278	0.283	0.289	0.234	0.256	0.329	0.211	0.359	0.221	0.292	0.251
PS04	0.202	0.226	0.214	0.22	0.216	0.238	0.304	0.186	0.347	0.209	0.256	0.215
livello mare	-0.024	0	-0.006	0	-0.022	0	0.118	0	0.138	0	0.041	0

I risultati delle precedenti elaborazioni sono stati rappresentati in Fig.5.10, Fig 5.11 e Fig.5.12. Il trend seguito dai tre piezometri, a partire dall'ottobre 2005 (Fase A), è analogo e caratterizzato da ciclicità tipica delle evoluzioni mareali, e dall'assenza di variazioni di livello anomale sull'intero periodo monitorato. Fino al mese di dicembre, i valori dei livelli piezometrici di PS01 sono simili a quelli riscontrati in corrispondenza del piezometro PS04, ed entrambi inferiori rispetto a quelli riscontrati in corrispondenza del piezometro PS03. A partire poi dalla fine del mese di dicembre i livelli piezometrici si assestano a valori molto simili e prossimi al valore medio di 0.280 m s.l.m.

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

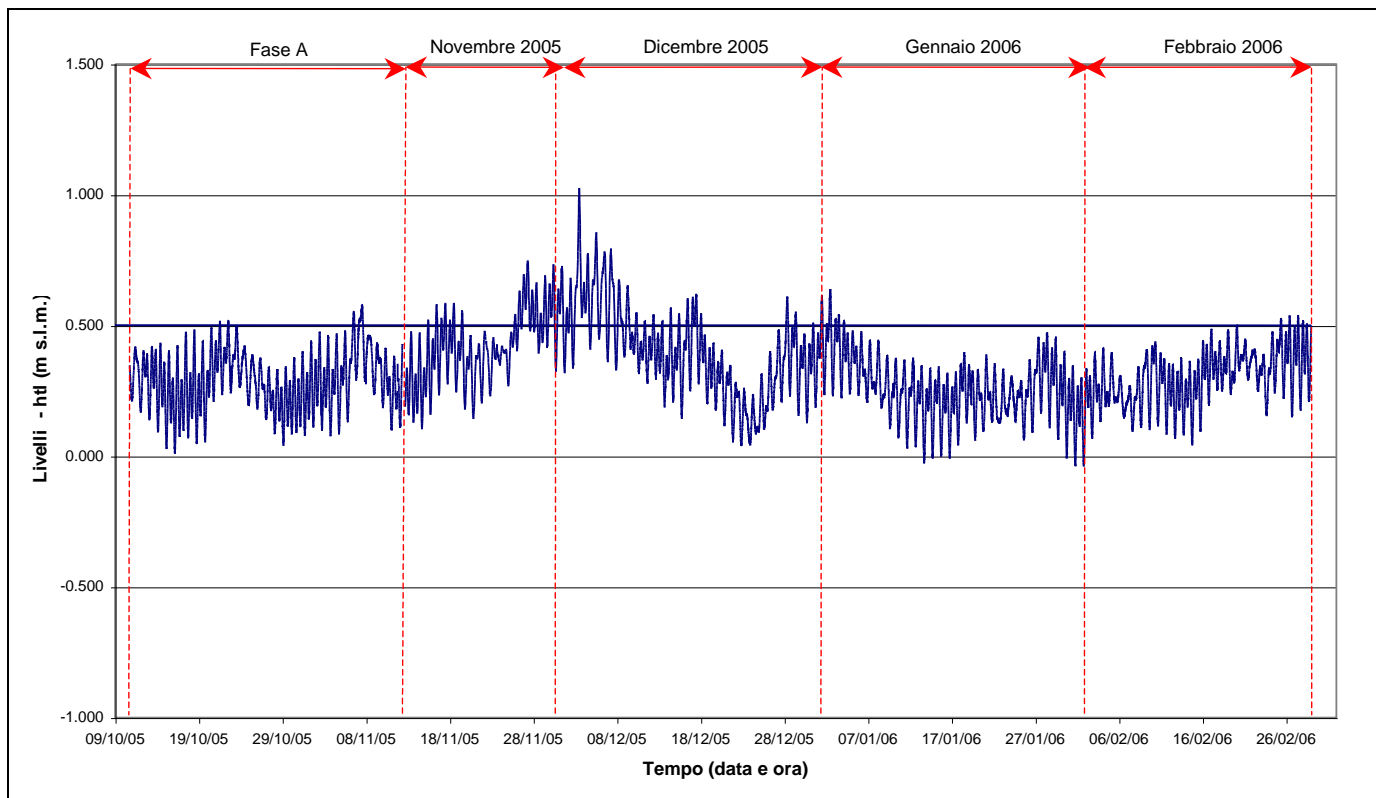


Fig. 5.10 - Andamento dei livelli piezometrici in corrispondenza del piezometro PS01

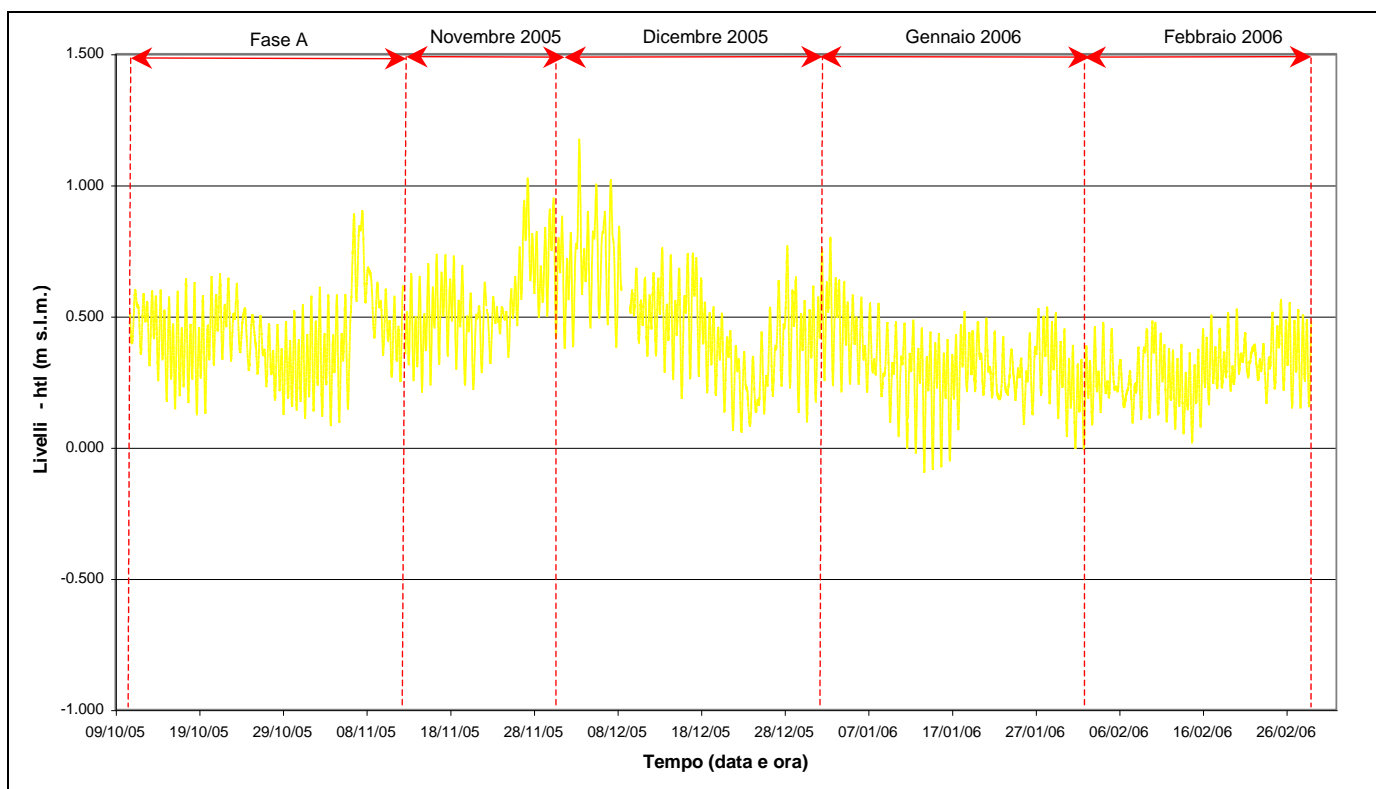


Fig. 5.11 - Andamento dei livelli piezometrici in corrispondenza del piezometro PS03

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

Per quanto riguarda le oscillazioni piezometriche, è possibile osservare come il piezometro PS04 presenti una diminuzione dell'ampiezza delle oscillazioni (vedasi Fig.5.12). Il rapporto tra l'ampiezza di oscillazione del livello nel piezometro e quella marina varia dal 49% (riscontrato in fase A) al 13 % (riscontrato nel mese di febbraio 2006). È ipotizzabile che la presenza del terrapieno ubicato a sud del porto rifugio sia la causa dello smorzamento delle oscillazioni benché non influenzi il livello piezometrico medio.

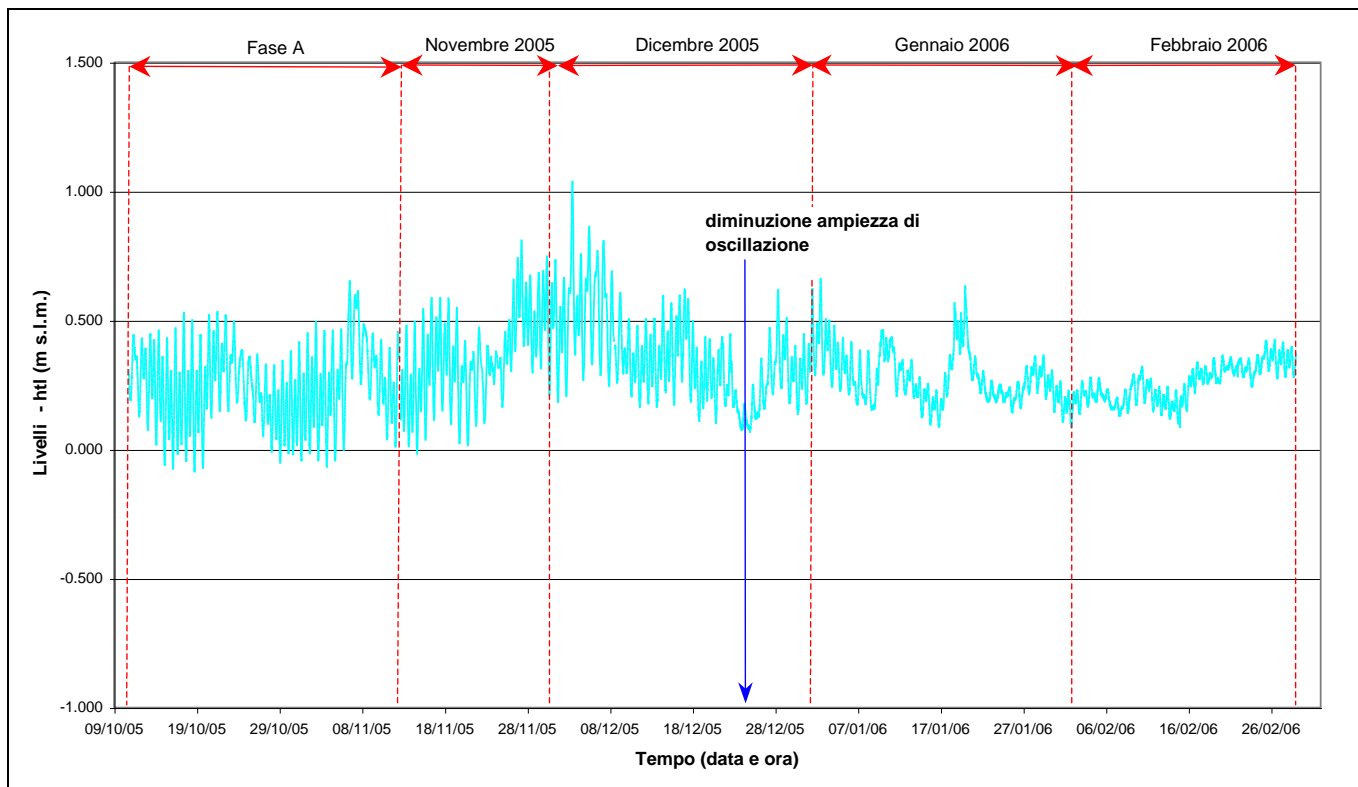


Fig. 5.12 - Andamento dei livelli piezometrici in corrispondenza del piezometro PS04

5.4 Piezometri profondi - secondo livello acquifero (Strato C)

Di seguito verranno presentati ed analizzati gli andamenti, in funzione del tempo, dei livelli piezometrici assoluti calcolati secondo quanto descritto nel paragrafo 5.1, degli 11 piezometri profondi finestrati in corrispondenza del secondo livello acquifero (Strato C).

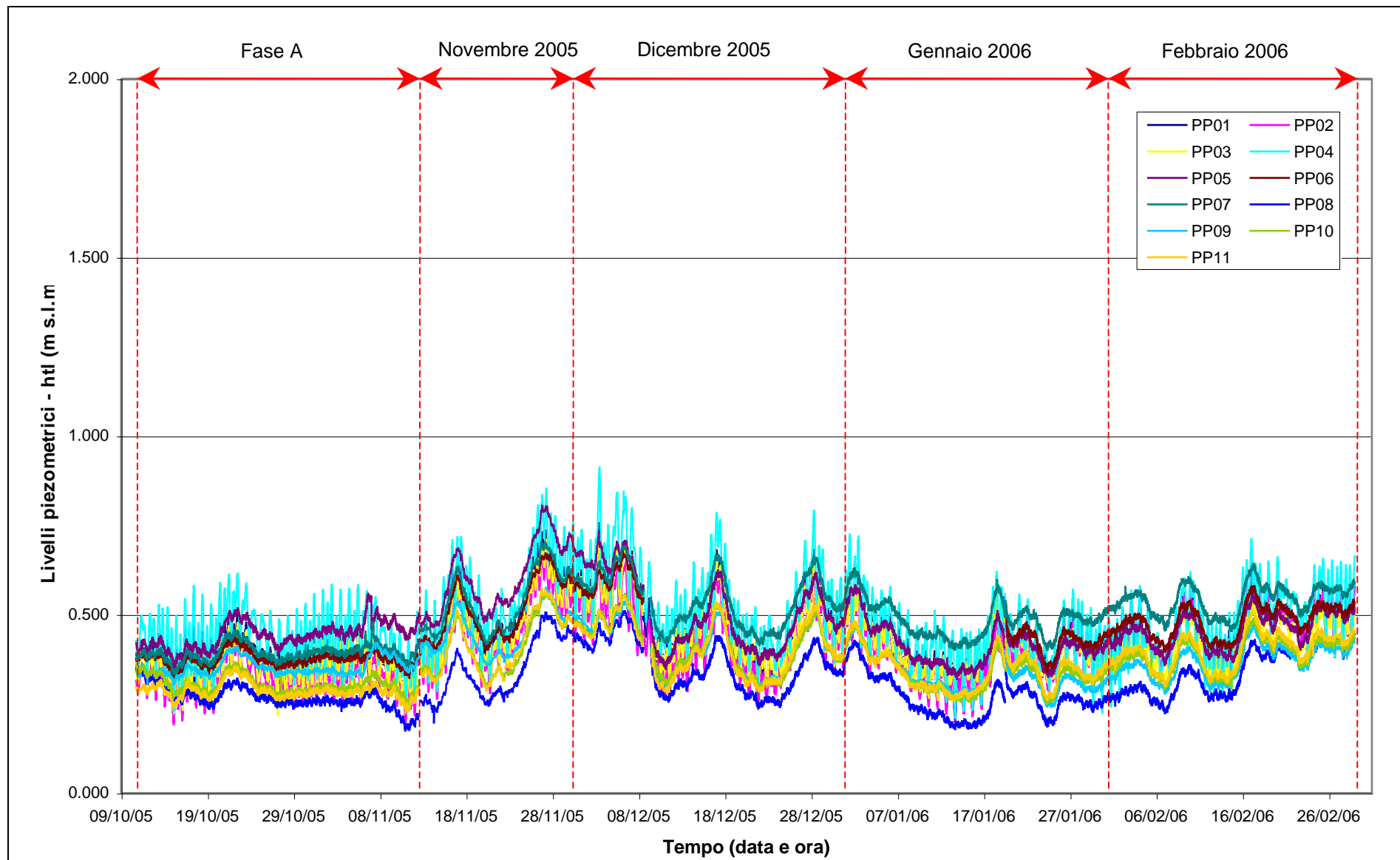
5.4.1 *Livelli piezometrici (carichi idraulici) - h_{it}*

I dati riportati in Fig.5.13 sono riferiti ai 4 mesi di monitoraggio di Fase B e per confronto vengono indicati anche i dati osservati durante la Fase A.

Dall'analisi dei tracciati riportati Fig.5.13 è possibile osservare come i piezometri profondi siano, in misura diversa, sensibili ai fenomeni fisici esterni (fenomeni meteorologici e mareali):

- i piezometri PP01, PP02, PP03 e PP04 posti in prossimità del Lungomare Dante Alighieri sono caratterizzati, al pari di quelli superficiali, da un andamento sinusoidale correlabile alle evoluzioni mareali ed influenzato dalle fasi lunari;
- i piezometri PP05, PP06, PP07, PP08, PP09, PP10 e PP11, collocati nella porzione più interna della Area di Monitoraggio e quindi più distanti dal mare, presentano tracciati di misura che sono influenzati in maniera ridotta sia dalle evoluzioni mareali, sia dai fenomeni meteorologici.

L'influenza di questi fenomeni fisici verrà illustrata separatamente nei paragrafi seguenti.

Fig.5.13 - Livelli piezometrici (h_{pi}) relativi ai piezometri profondi

5.4.2 Effetti delle precipitazioni

In Fig.5.14 è stato confrontato l'andamento dei livelli piezometrici in corrispondenza dei piezometri profondi ubicati nella porzione interna dell'Area di Monitoraggio con le precipitazioni verificatesi nell'intero periodo di monitoraggio. Dai tracciati di misura appaiono modeste le influenze delle precipitazioni sui livelli piezometrici.

Nelle Tab.5.15 e Tab.5.16 sono stati esaminati i fenomeni meteorologici e la loro influenza sui livelli registrati nei piezometri profondi ed interni all'Area di Monitoraggio. Per raffronto vengono indicati anche i fenomeni registrati durante la Fase A (Tab.5.14). È possibile osservare che, in corrispondenza di ogni evento meteorologico, il piezometro presso il quale si riscontrano le maggiori variazioni di livello piezometrico è il PP05, come già riscontrato durante la Fase A (Tab.5.14).

Le escursioni sono comprese tra 0.004 m (in corrispondenza del PP11, mese di dicembre 2005) e 0.250 m (in corrispondenza del PP05, mese di novembre 2005). Come è possibile osservare in Fig.5.14 ed in Tab.5.15, soltanto in occasione dell'evento meteorico del 26 novembre 2005, caratterizzato da altezza di pioggia pari a 20.8 mm, l'escursione massima raggiunge un valore di 0.250 m (in corrispondenza del PP05).

L'effetto delle precipitazioni sul secondo livello produttivo risultano essere meno marcate di quelle che si riscontrano in corrispondenza di quello soprastante.

Tab.5.14 - Statistiche relative all'influenza delle precipitazioni sui livelli registrati nei piezometri profondi, interni all'Area di Monitoraggio. Fase A

Piezometro profondo	Evento meteorico			Evento meteorico		
	20 ottobre 2005		7.2 mm	5-6-7 novembre 2005		59.8 mm
	Livello piezometrico medio prima della precipitazione (m s.l.m.)	Max escursione (m)	Rapporto altezza di pioggia/Max escursione	Livello piezometrico medio prima della precipitazione (m s.l.m.)	Max escursione (m)	Rapporto altezza di pioggia/Max escursione
PP05	0.467	0.065	0.111	0.440	0.119	0.502
PP06	0.411	0.044	0.164	0.371	0.041	1.459
PP07	0.426	0.049	0.147	0.390	0.092	0.650
PP08	0.298	0.013	0.554	0.255	0.043	1.391
PP09	0.379	0.043	0.167	0.339	0.082	0.729
PP10	0.338	0.029	0.248	0.289	0.054	1.107
PP11	0.328	0.045	0.160	0.279	0.036	1.661

n.d.: si ricorda che durante la prima precipitazione si è verificato un malfunzionamento del pluviometro che rende impossibile un calcolo esatto dell'altezza di pioggia.

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

Tab.5.15- Statistiche relative all'influenza delle precipitazioni sui livelli registrati nei piezometri superficiali, interni all' Area di Monitoraggio. Mese di Novembre 2005

Piezometro profondo	Evento meteorico			Evento meteorico		
	26 novembre 2005	20.8 mm		29 novembre 2005	8.8 mm	
	Livello piezometrico medio prima della precipitazione (m s.l.m.)	Max escursione (m)	Rapporto altezza di pioggia/Max escursione	Livello piezometrico medio prima della precipitazione (m s.l.m.)	Max escursione (m)	Rapporto altezza di pioggia/Max escursione
PP05	0.557	0.250	0.083	0.705	0.009	0.975
PP06	0.475	0.198	0.105	0.607	0.008	1.144
PP07	0.500	0.204	0.102	0.623	0.012	0.747
PP08	0.302	0.206	0.101	0.452	0.019	0.466
PP09	0.424	0.152	0.137	0.493	0.018	0.500
PP10	0.375	0.187	0.111	0.493	0.010	0.911
PP11	0.366	0.207	0.100	0.477	0.022	0.401

CORILA

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

Tab.5.16– Statistiche relative all'influenza delle precipitazioni sui livelli registrati nei piezometri superficiali, interni all' Area di Monitoraggio. Mese di Dicembre 2005 e mese di Gennaio 2006

Piezometro profondo	Evento meteorico			Evento meteorico		
	3 dicembre 2005		8.7 mm	6 dicembre 2005		7.4 mm
	Livello piezometrico medio prima della precipitazione (m s.l.m.)	Max escursione (m)	Rapporto altezza di pioggia/Max escursione	Livello piezometrico medio prima della precipitazione (m s.l.m.)	Max escursione (m)	Rapporto altezza di pioggia/Max escursione
PP05	0.666	0.067	0.130	0.692	0.015	0.494
PP06	0.574	0.052	0.166	0.662	0.005	1.480
PP07	0.592	0.060	0.146	0.682	0.007	1.057
PP08	0.426	0.052	0.166	0.502	0.009	0.822
PP09	0.478	0.033	0.264	0.527	0.013	0.569
PP10	0.464	0.052	0.168	0.546	0.014	0.528
PP11	0.461	0.053	0.165	0.545	0.004	1.850

Piezometro profondo	Evento meteorico			Evento meteorico		
	12 dicembre 2005		9.4 mm	1 gennaio 2006		12.6 mm
	Livello piezometrico medio prima della precipitazione (m s.l.m.)	Max escursione (m)	Rapporto altezza di pioggia/Max escursione	Livello piezometrico medio prima della precipitazione (m s.l.m.)	Max escursione (m)	Rapporto altezza di pioggia/Max escursione
PP05	0.390	0.049	0.192	0.520	0.064	0.197
PP06	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
PP07	0.453	0.048	0.194	0.572	0.060	0.211
PP08	0.287	0.034	0.275	0.373	0.056	0.224
PP09	0.329	0.036	0.260	0.431	0.040	0.317
PP10	0.336	0.045	0.211	0.429	0.047	0.266
PP11	0.313	0.050	0.187	0.438	0.046	0.273

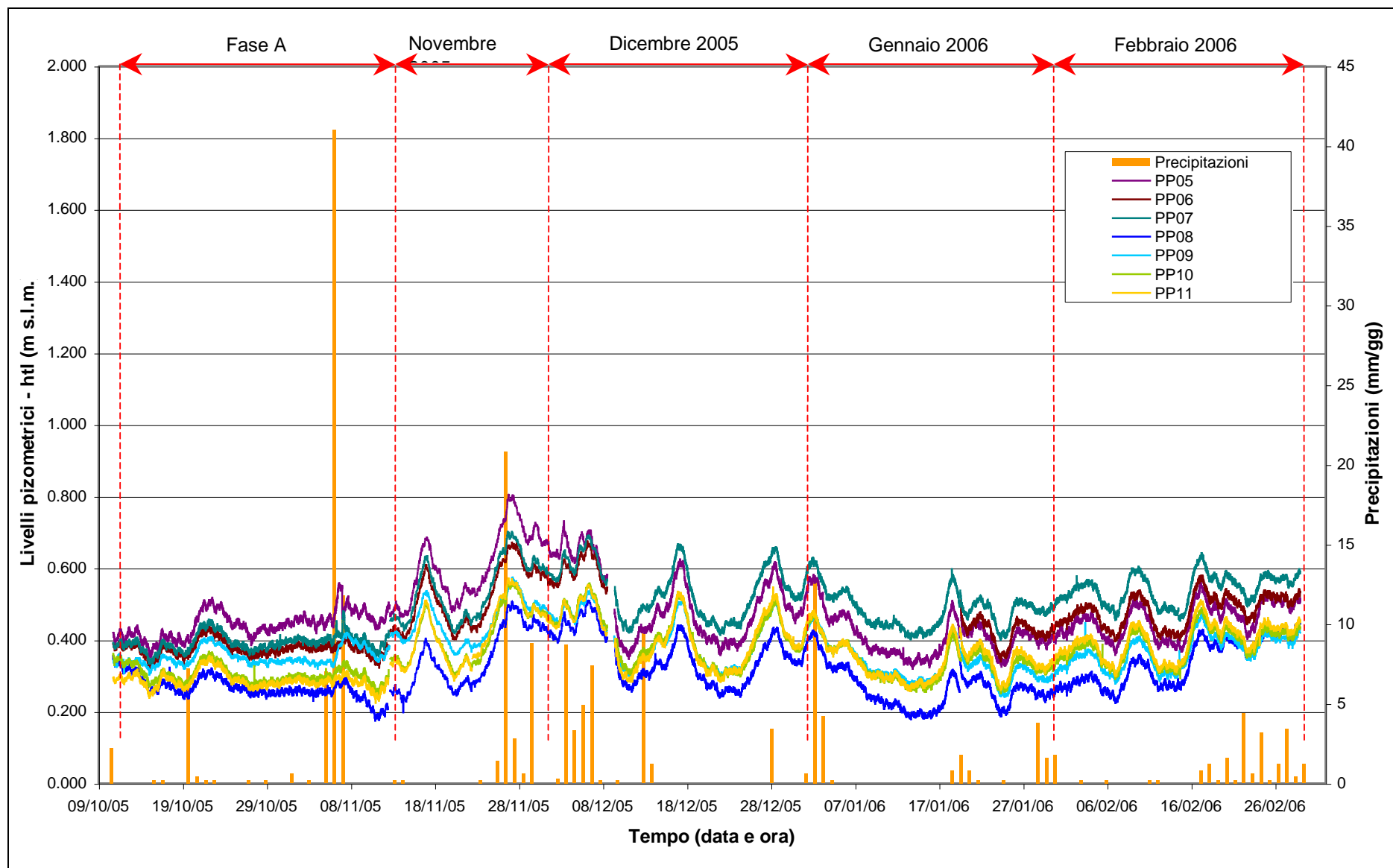


Fig. 5.14 - Livelli piezometrici dei piezometri profondi interni all'Area di Monitoraggio e precipitazioni

5.4.3 Effetti mareali

In Fig.5.15 è possibile confrontare i tracciati di misura dei trasduttori posizionati in corrispondenza dei piezometri PP01, PP02, PP03 e PP04 disposti sul Lungomare Dante Alighieri e le escursioni mareali registrate in corrispondenza del mareografo Diga Sud Lido. Per raffronto viene riportato anche l'andamento registrato durante la Fase A.

Le serie temporali seguono andamenti caratterizzati da una ciclicità che è tipica delle evoluzioni mareali. Si verificano, infatti, vistosi incrementi di frequenza del fenomeno oscillatorio in corrispondenza del plenilunio e del novilunio. In corrispondenza dei quarti di luna (sia luna calante che crescente) le oscillazioni sono decisamente meno frequenti e più smorzate. Il periodo di oscillazione dei livelli nei piezometri varia da 12 h (novilunio e plenilunio) a 24 h (luna calante e crescente). Da un'analisi dei dati è possibile riscontrare uno sfasamento di circa due ore tra le oscillazioni mareali e quelle piezometriche.

Le Tabb.5.17- 5.19 - 5.21 - 5.23 riportano le ampiezze d'onda medie calcolate sui singoli mesi di osservazione e le ampiezze calcolate in corrispondenza di periodi intermedi di osservazione, coincidenti con le fasi lunari.

Nelle Tabb.5.18- 5.20 - 5.22 - 5.24 è riportato il confronto tra i livelli piezometrici medi riscontrati in corrispondenza dei piezometri profondi PP01, PP02 PP03 e PP04 ed i livelli marini medi.

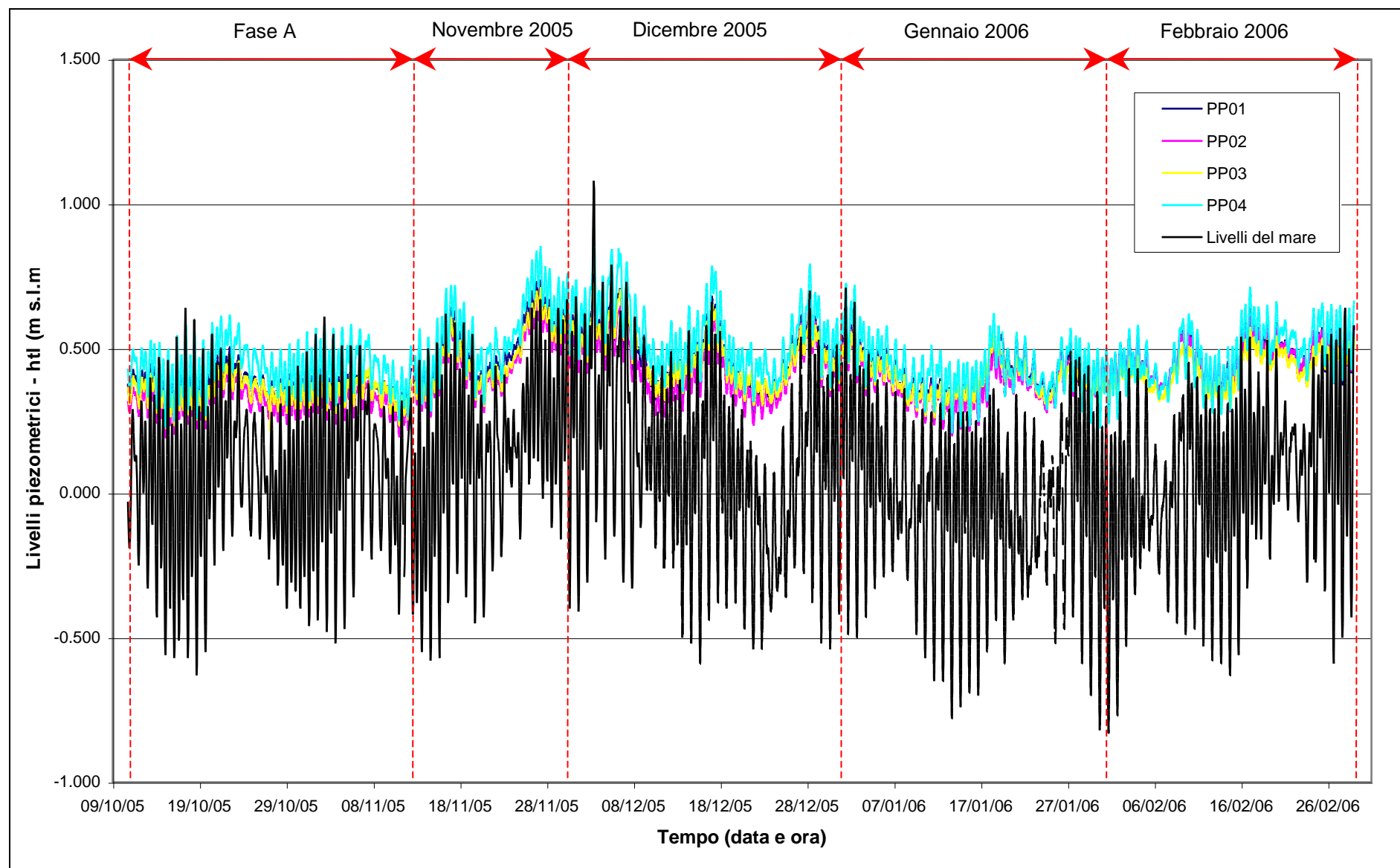


Fig.5.15 - Livelli piezometrici dei piezometri profondi PP01, PP02, PP03 e PP04 e livelli del mare

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

In Tab.5.17 le ampiezze d'onda confrontate sono riferite ai dati del mese di novembre 2005. Anche in questo caso l'ampiezza non subisce variazioni significative ed analogamente a quanto già osservato per la Fase A (vedasi "Rapporto di Variabilità Attesa", dicembre 2005) le ampiezze d'onda dei livelli piezometrici sono comprese tra il 15% ed il 26% delle ampiezze del livello marino e variabili secondo le fasi lunari (sigizie e quadrature), come già si verifica per i livelli del mare (vedasi Tab.5.2).

Tab.5.17 - Ampiezze d'onda assolute e relative dei livelli piezometrici. Mese di novembre 2005

Periodo	12-19 nov 2005 (plenilunio)		20-26 nov 2005		27nov-3 dic 2005 (novilunio)		Intero periodo	
	Ass. (m)	Rel. mare (%)	Ass. (m)	Rel. mare (%)	Ass. (m)	Rel. mare (%)	Ass. (m)	Rel. mare (%)
PP01	0.159	16	0.106	19	0.167	18	0.144	17
PP02	0.151	16	0.101	18	0.158	17	0.137	16
PP03	0.134	13	0.102	18	0.136	15	0.124	15
PP04	0.236	24	0.161	28	0.251	27	0.216	26
livello mare	0.998	100	0.567	100	0.926	100	0.830	100

In Tab.5.18 è riportato un confronto tra i livelli piezometrici medi riscontrati in corrispondenza dei piezometri profondi PP01, PP02, PP03 e PP04 ed i livelli marini medi: è possibile notare come i livelli piezometrici siano più alti rispetto a quelli osservati durante la Fase A. I livelli piezometrici rimangono superiori ai livelli marini medi e tale differenza rimane marcata in corrispondenza del piezometro PP04.

Tab.5.18 - Confronto tra i livelli piezometrici e marini medi. Mese di novembre 2005

Periodo	12-19 nov 2005		20-26 nov 2005		27nov-3 dic 2005		Intero periodo	
	\bar{h}_{tp} (m)	Diff. (m)	\bar{h}_{tp} (m)	Diff. (m)	\bar{h}_{tp} (m)	Diff. (m)	\bar{h}_{tp} (m)	Diff. (m)
PP01	0.464	0.408	0.492	0.330	0.587	0.311	0.514	0.349
PP02	0.421	0.365	0.450	0.288	0.547	0.271	0.473	0.308
PP03	0.436	0.380	0.464	0.302	0.574	0.298	0.491	0.326
PP04	0.505	0.449	0.546	0.384	0.664	0.388	0.572	0.407
livello mare	0.056	0	0.162	0	0.276	0	0.165	0

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

In Tab.5.19 le ampiezze d'onda confrontate sono riferite ai dati del mese di dicembre 2005. Anche in questo caso l'ampiezza non subisce variazioni significative, ed analogamente a quanto già osservato per la Fase A (vedasi "Rapporto di Variabilità Attesa", dicembre 2005) le ampiezze d'onda dei livelli piezometrici sono comprese tra il 15% ed il 25% delle ampiezze del livello marino e variabili secondo le fasi lunari (sigizie e quadrature), come già si verifica per i livelli del mare (vedasi Tab.5.2).

Tab.5.19 - Ampiezze d'onda assolute e relative dei livelli piezometrici. Mese di dicembre 2005

Periodo	4-9 dic 2005		9-13 dic 2005		14-20 dic 2005 (plenilunio)		21-27 2005		Intero periodo	
	Ass. (m)	Rel. mare (%)	Ass. (m)	Rel. mare (%)	Ass. (m)	Rel. mare (%)	Ass. (m)	Rel. mare (%)	Ass. (m)	Rel. mare (%)
PP01	0.154	18	0.110	16	0.176	19	0.111	18	0.138	18
PP02	0.145	17	0.106	15	0.163	17	0.105	17	0.130	17
PP03	0.150	17	0.094	13	0.141	15	0.094	15	0.120	15
PP04	0.219	26	0.163	23	0.237	25	0.152	24	0.193	25
livello mare	0.857	100	0.700	100	0.947	100	0.623	100	0.782	100

In Tab.5.20 è riportato un confronto tra i livelli piezometrici medi riscontrati in corrispondenza dei piezometri profondi PP01, PP02, PP03 e PP04 ed i livelli marini medi. I livelli piezometrici medi sono ancora superiori rispetto a quelli riscontrati durante la Fase A ed inferiori a quelli registrati durante il mese precedente. Anche in questo caso, è possibile notare che i livelli piezometrici sono superiori ai livelli marini medi e tale differenza è marcata in corrispondenza del piezometro PP04.

Tab.5.20 - Confronto tra i livelli piezometrici e marini medi. Mese di dicembre 2005

Periodo	4-9 dic 2005		9-13 dic 2005		14-20 dic 2005		21-27 dic 2005		Intero periodo	
	\bar{h}_{tp} (m)	Diff. (m)	\bar{h}_{tp} (m)	Diff. (m)	\bar{h}_{tp} (m)	Diff. (m)	\bar{h}_{tp} (m)	Diff. (m)	\bar{h}_{tp} (m)	Diff. (m)
PP01	0.566	0.377	0.391	0.268	0.468	0.398	0.403	0.480	0.457	0.381
PP02	0.670	0.481	0.340	0.217	0.430	0.360	0.378	0.455	0.454	0.378
PP03	0.631	0.442	0.392	0.269	0.468	0.398	0.405	0.482	0.474	0.398
PP04	0.606	0.417	0.470	0.347	0.541	0.471	0.470	0.547	0.522	0.446
livello mare	0.189	0	0.123	0	0.070	0	-0.077	0	0.076	0

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

In Tab.5.21 le ampiezze d'onda confrontate sono riferite ai dati del mese di gennaio 2006. Anche in questo caso l'ampiezza non subisce variazioni significative, ed analogamente a quanto già osservato per la Fase A (vedasi "Rapporto di Variabilità Attesa", dicembre 2005) le ampiezze d'onda dei livelli piezometrici sono comprese tra il 10% ed il 19% delle ampiezze del livello marino e variabili secondo le fasi lunari (sigizie e quadrature), come già si verifica per i livelli del mare (vedasi Tab.5.2).

Tab.5.21 - Ampiezze d'onda assolute e relative dei livelli piezometrici. Mese di gennaio 2006

Periodo	28 dic 2005- 4 gen 2006 (novilunio)		4-12 gen 2006		12-19 gen 2006 (plenilunio)		19 -25 gen 2006		26 gen-2 feb 2006 (novilunio)		Intero periodo	
	Ass. (m)	Rel. mare (%)	Ass. (m)	Rel. mare (%)	Ass. (m)	Rel. mare (%)	Ass. (m)	Rel. mare (%)	Ass. (m)	Rel. mare (%)	Ass. (m)	Rel. mare (%)
PP01	0.177	16	0.137	17	0.149	16	0.129	20	0.169	17	0.152	14
PP02	0.166	16	0.126	16	0.140	15	0.116	18	0.148	15	0.140	13
PP03	0.136	13	0.108	14	0.112	12	0.088	13	0.111	11	0.111	10
PP04	0.249	25	0.187	24	0.213	23	0.171	26	0.243	24	0.213	19
livello mare	1.008	100	0.789	100	0.938	100	0.650	100	1.016	100	1.100	100

In Tab. 5.22 è riportato un confronto tra i livelli piezometrici medi riscontrati in corrispondenza dei piezometri profondi PP01, PP02, PP03 e PP04 ed i livelli marini medi. I livelli piezometrici medi sono ancora superiori rispetto a quelli riscontrati durante la Fase A, ma in diminuzione rispetto a quanto riscontrato durante il mese precedente. Anche in questo caso, è possibile notare che i livelli piezometrici sono superiori ai livelli marini medi e tale differenza è marcata in corrispondenza del piezometro PP04.

Tab.5.22 - Confronto tra i livelli piezometrici e marini medi. Mese di gennaio 2006

Periodo	28 dic 2005- 4 gen 2006		4-12 gen 2006		12-19 gen 2006		19 -25 gen 2006		26 gen-2 feb 2006		Intero periodo	
	\bar{h}_p (m)	Diff. (m)	\bar{h}_p (m)	Diff. (m)	\bar{h}_p (m)	Diff. (m)	\bar{h}_p (m)	Diff. (m)	\bar{h}_p (m)	Diff. (m)	\bar{h}_p (m)	Diff. (m)
PP01	0.488	0.362	0.372	0.390	0.351	0.429	0.415	0.509	0.417	0.475	0.401	0.425
PP02	0.469	0.343	0.358	0.376	0.336	0.414	0.374	0.468	0.404	0.462	0.388	0.412
PP03	0.479	0.353	0.366	0.384	0.376	0.454	0.385	0.479	0.389	0.447	0.399	0.423
PP04	0.551	0.425	0.427	0.445	0.405	0.483	0.407	0.501	0.419	0.477	0.442	0.466
livello mare	0.126	0	-0.018	0	-0.078	0	-0.094	0	-0.058	0	-0.024	0

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

In Tab.5.23 le ampiezze d'onda confrontate sono riferite ai dati del mese di febbraio 2006. Anche in questo caso l'ampiezza non subisce variazioni significative, ed analogamente a quanto già osservato per la Fase A (vedasi "Rapporto di Variabilità Attesa", dicembre 2005) le ampiezze d'onda dei livelli piezometrici sono comprese tra il 12% ed il 24% delle ampiezze del livello marino e variabili secondo le fasi lunari (sigizie e quadrature), come già si verifica per i livelli del mare (vedasi Tab.5.2).

Tab.5.23 - Ampiezze d'onda assolute e relative dei livelli piezometrici. Mese di febbraio 2006

Periodo	3-8 feb 2006		9-14 feb 2006 (plenilunio)		14-16 feb 2006 (plenilunio)		17-23 febb 2006		23-28 febb 2006 (novilunio)		Intero periodo	
	Ass. (m)	Rel. mare (%)	Ass. (m)	Rel. mare (%)	Ass. (m)	Rel. mare (%)	Ass. (m)	Rel. mare (%)	Ass. (m)	Rel. mare (%)	Ass. (m)	Rel. mare (%)
PP01	0.124	20	0.133	15	0.156	17	0.119	22	0.165	17	0.139	17
PP02	0.111	18	0.119	13	0.146	16	0.114	21	0.151	16	0.128	16
PP03	0.089	14	0.088	10	0.106	12	0.088	16	0.107	11	0.096	12
PP04	0.164	26	0.208	23	0.172	19	0.159	29	0.231	24	0.187	24
livello mare	0.627	0	0.908	0	0.908	0	0.554	0	0.970	0	0.793	0

In Tab.5.24 è riportato un confronto tra i livelli piezometrici medi riscontrati in corrispondenza dei piezometri profondi PP01, PP02, PP03 e PP04 ed i livelli marini medi. I livelli piezometrici medi sono ancora superiori rispetto a quelli riscontrati durante la Fase A, e più alti rispetto a quanto riscontrato durante il mese precedente. Anche in questo caso, è possibile notare che i livelli piezometrici sono superiori ai livelli marini medi e tale differenza è marcata in corrispondenza del piezometro PP04.

Tab.5.24- Confronto tra i livelli piezometrici e marini medi. Mese di febbraio 2006

Periodo	3-8 feb 2006		9-14 feb 2006		14-16 feb 2006		17-23 febb 2006		23-28 febb 2006		Intero periodo	
	\bar{h}_{tp} (m)	Diff. (m)	\bar{h}_{tp} (m)	Diff. (m)	\bar{h}_{tp} (m)	Diff. (m)	\bar{h}_{tp} (m)	Diff. (m)	\bar{h}_{tp} (m)	Diff. (m)	\bar{h}_{tp} (m)	Diff. (m)
PP01	0.422	0.446	0.445	0.451	0.442	0.464	0.492	0.374	0.497	0.359	0.460	0.419
PP02	0.420	0.444	0.443	0.449	0.427	0.449	0.488	0.348	0.498	0.360	0.455	0.414
PP03	0.382	0.406	0.408	0.414	0.397	0.419	0.466	0.348	0.476	0.338	0.426	0.385
PP04	0.420	0.444	0.446	0.506	0.452	0.474	0.539	0.421	0.550	0.412	0.490	0.449
livello mare	-0.024	0	-0.006	0	-0.022	0	0.118	0	0.138	0	0.041	0

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

L'andamento dei livelli piezometrici riscontrati presso i quattro piezometri profondi (Figg.5.16 - 5.17 - 5.18 - 5.19) disposti sul Lungomare Dante Alighieri è analogo e caratterizzato da ciclicità tipica delle evoluzioni mareali durante l'intero periodo monitorato. È possibile osservare che, durante la Fase A, i livelli piezometrici erano tra loro simili ed erano piccoli gli spostamenti, con valori compresi tra 0.325 m s.l.m. (in corrispondenza del PP02) e 0.435 m s.l.m. (in corrispondenza del PP04).

Terminata tale fase, a partire dal mese di novembre, il trend assunto dai piezometri è caratterizzato da livelli piezometrici medi superiori: in corrispondenza del piezometro PP04 i livelli sono i più alti e prossimi ad un valore medio di 0.506 m s.l.m., mentre in corrispondenza del piezometro PP02 vengono registrati livelli inferiori che si assestano ad un valore medio pari a 0.442 m s.l.m.

Per quanto riguarda l'ampiezza delle oscillazioni piezometriche, non si assiste a particolari variazioni rispetto a quanto rilevato durante la Fase A, e nei quattro mesi monitorati si mantiene compresa tra il 10% ed il 26% delle ampiezze del livello marino.

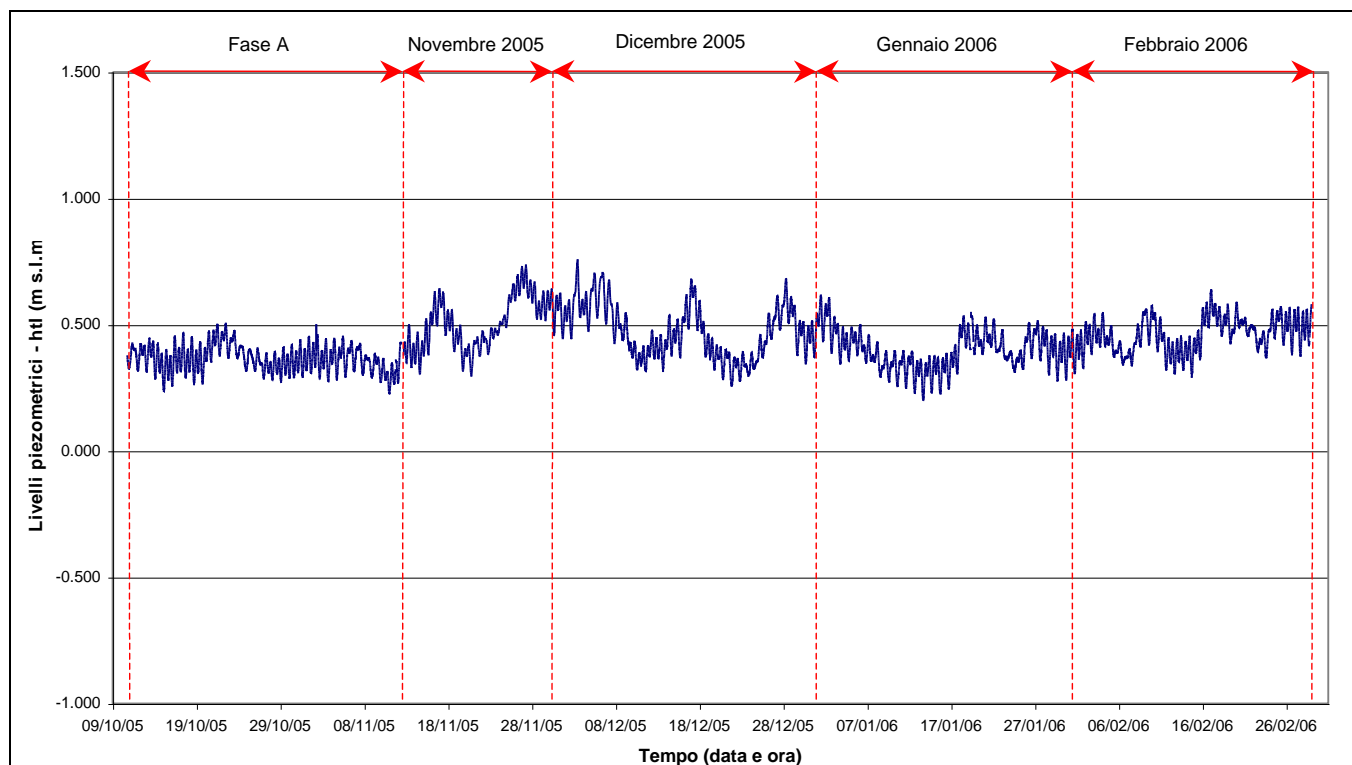


Fig.5.16 - Andamento dei livelli piezometrici in corrispondenza del piezometro PP01

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

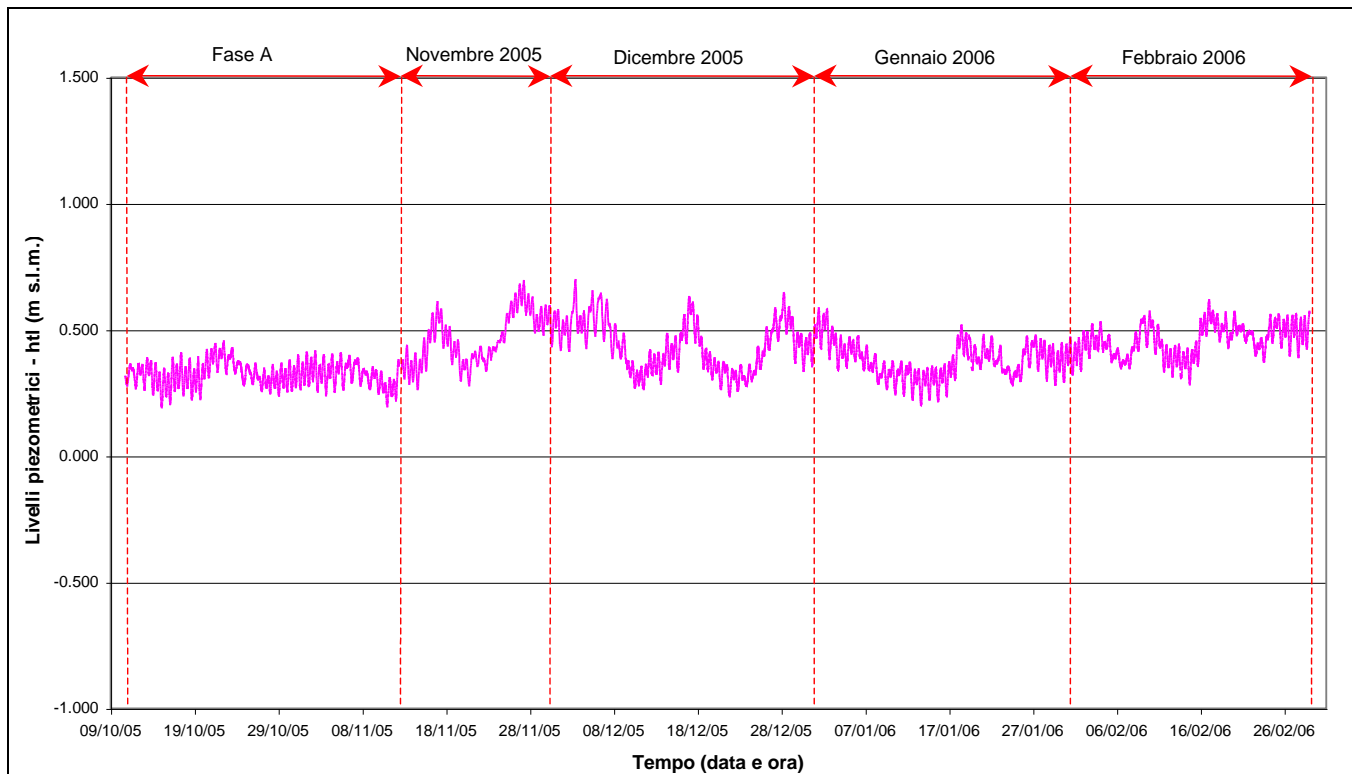


Fig.5.17 - Andamento dei livelli piezometrici in corrispondenza del piezometro PP02

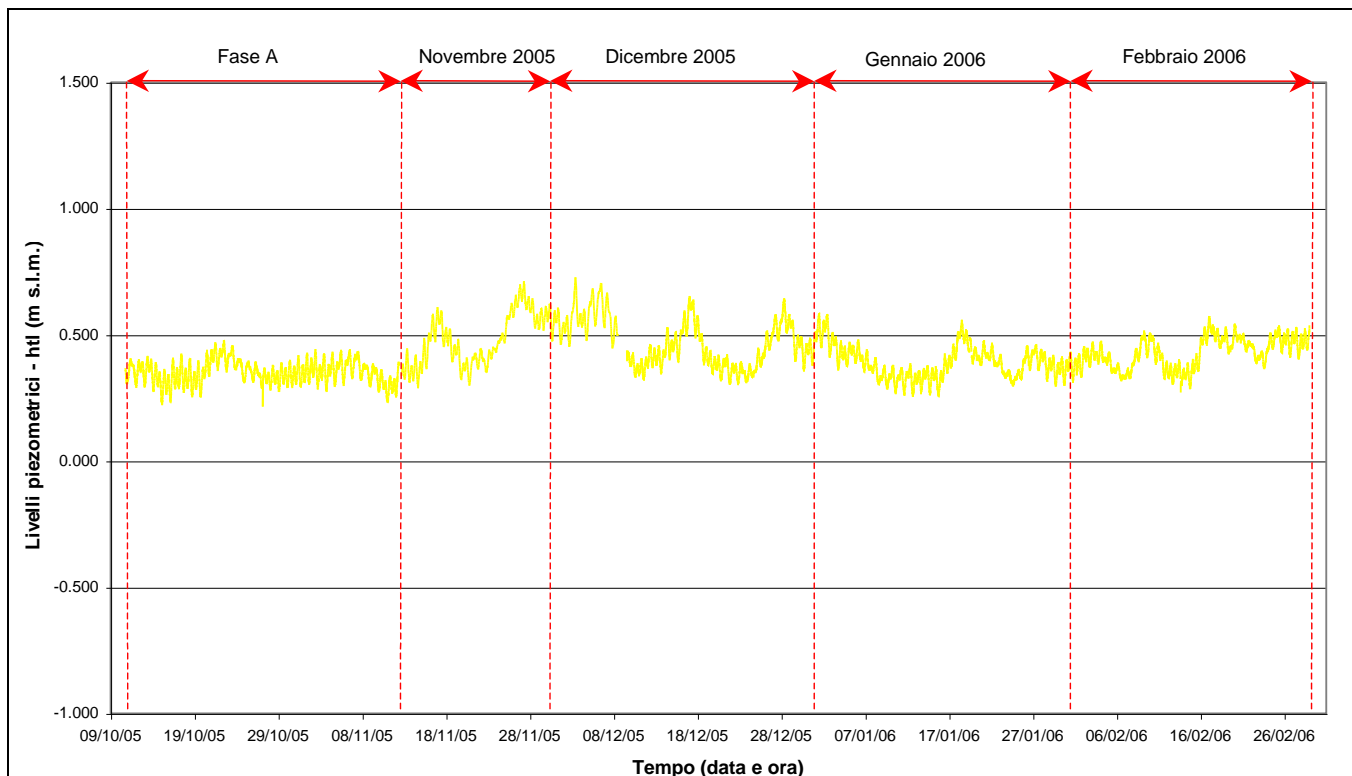


Fig.5.18 - Andamento dei livelli piezometrici in corrispondenza del piezometro PP03

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

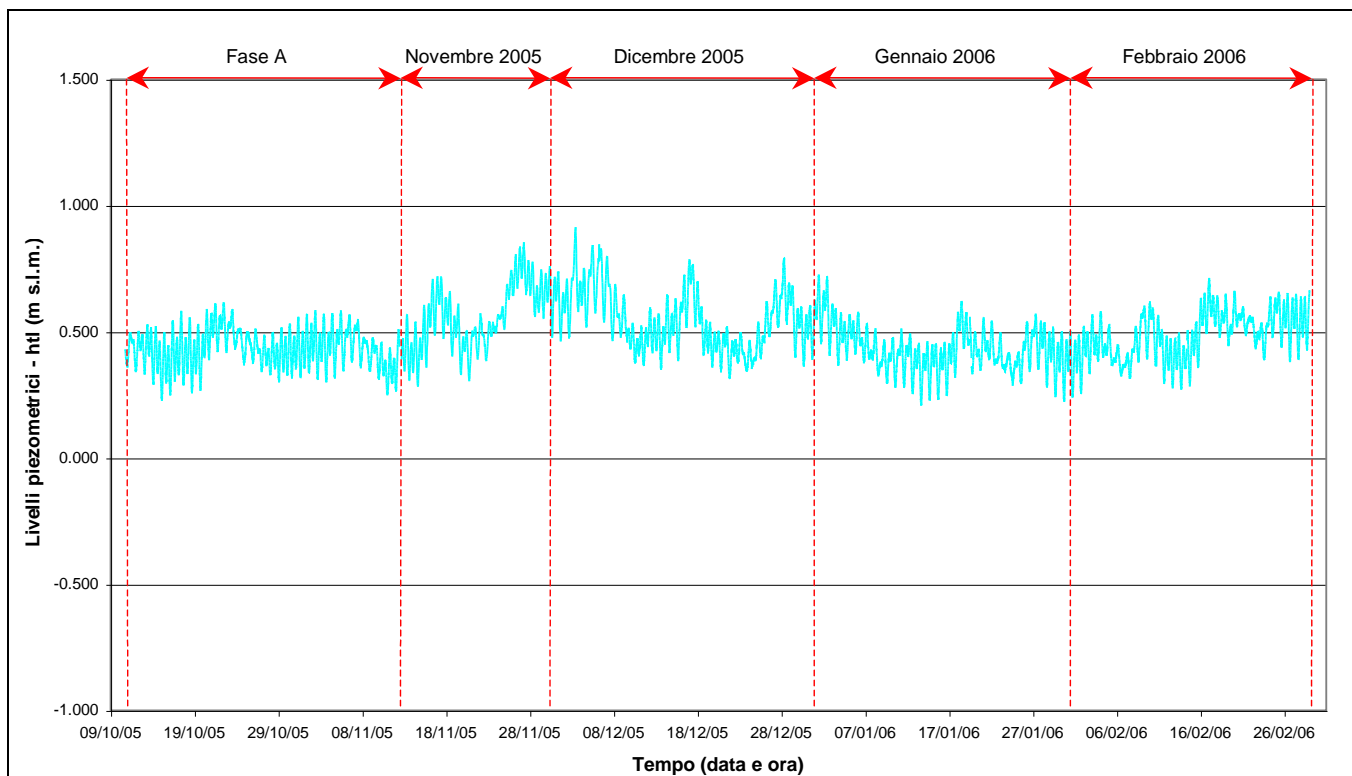


Fig.5.19 - Andamento dei livelli piezometrici in corrispondenza del piezometro PP04

Come mostra la Fig.5.20, è stato riscontrato l'effetto delle evoluzioni mareali anche sull'andamento dei livelli piezometrici relativi ai piezometri profondi ubicati nella porzione interna dell'Area di Monitoraggio. A differenza dei piezometri profondi ubicati sul Lungomare, il trend assunto da ciascun piezometro non è sinusoidale e, nonostante questo, i massimi e minimi dei livelli piezometrici si verificano in corrispondenza di rispettivi massimi e minimi dei livelli del mare. Pertanto è plausibile ritenere che anche i piezometri più interni risentano, seppure in minor parte, delle evoluzioni mareali.

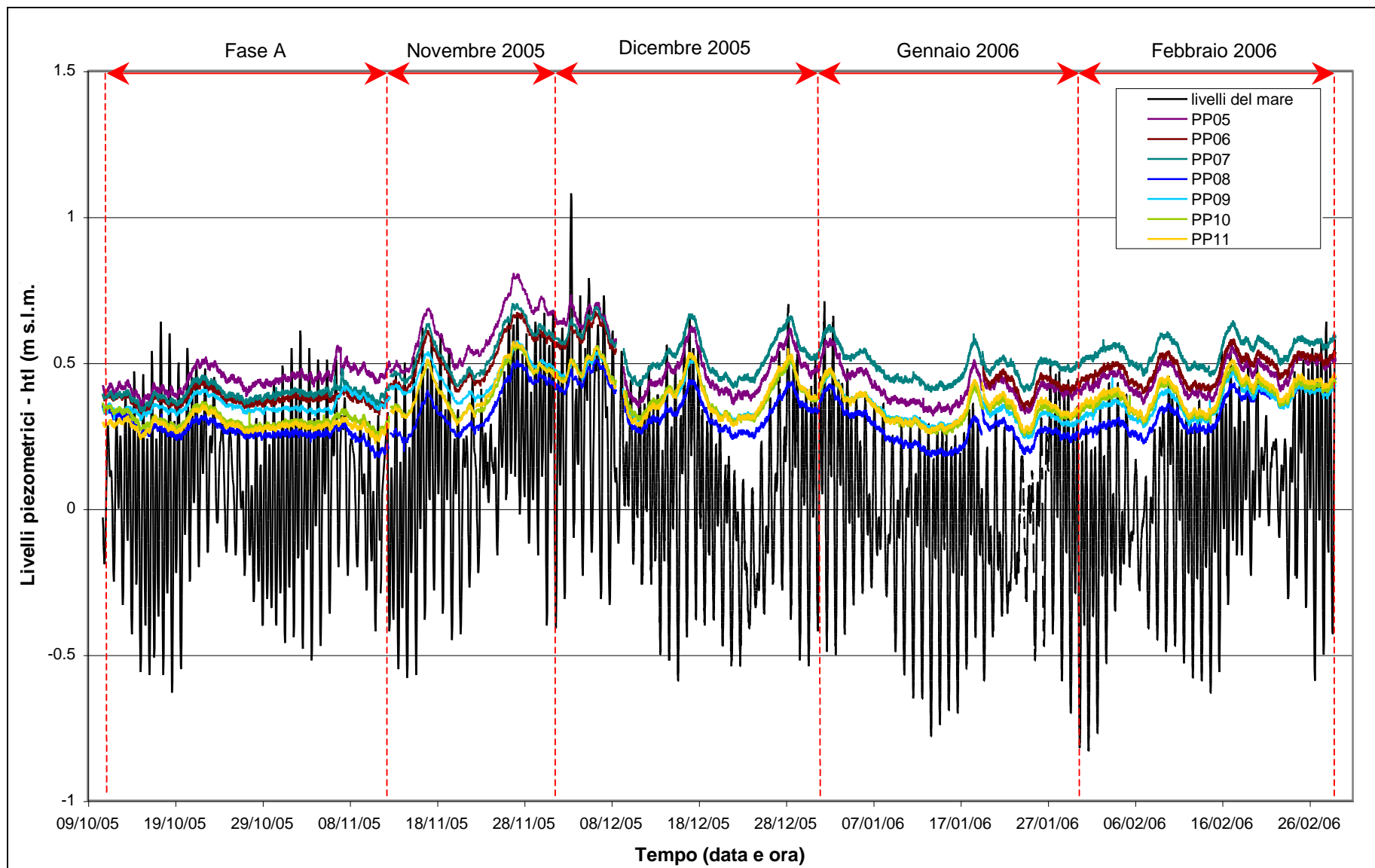


Fig.5.20- Andamento dei livelli piezometrici in corrispondenza dei piezometri profondi interni all'area e livelli del mare.

5.5 Studio piezometrico

5.5.1 *Piezometria superficiale*

Nel seguente paragrafo vengono riportate le elaborazioni piezometriche relative al Primo livello acquifero (Strato A) ed al Secondo livello acquifero (Strato C), derivanti rispettivamente dai dati acquisiti in corrispondenza dei piezometri superficiali e dei piezometri profondi.

Sono state effettuate cinque ricostruzioni piezometriche relative ai due livelli acquiferi sulla base dei dati acquisiti dai trasduttori di livello, in date lontane da eventi piovosi intensi, ad un'ora distante da estremi mareali (Tab.5.25, Fig.5.21 e Fig.5.22).

Tab.5.25 - Date in corrispondenza delle quale sono state elaborate le piezometrie.

Mese	Data e ora
Fase A	12 novembre 2005 - h14.00
novembre	20 novembre 2005 - h14.00
dicembre	22 dicembre 2005 - h14.00
gennaio	14 gennaio 2006 - h14.00
febbraio	11 febbraio 2006 - h14.00

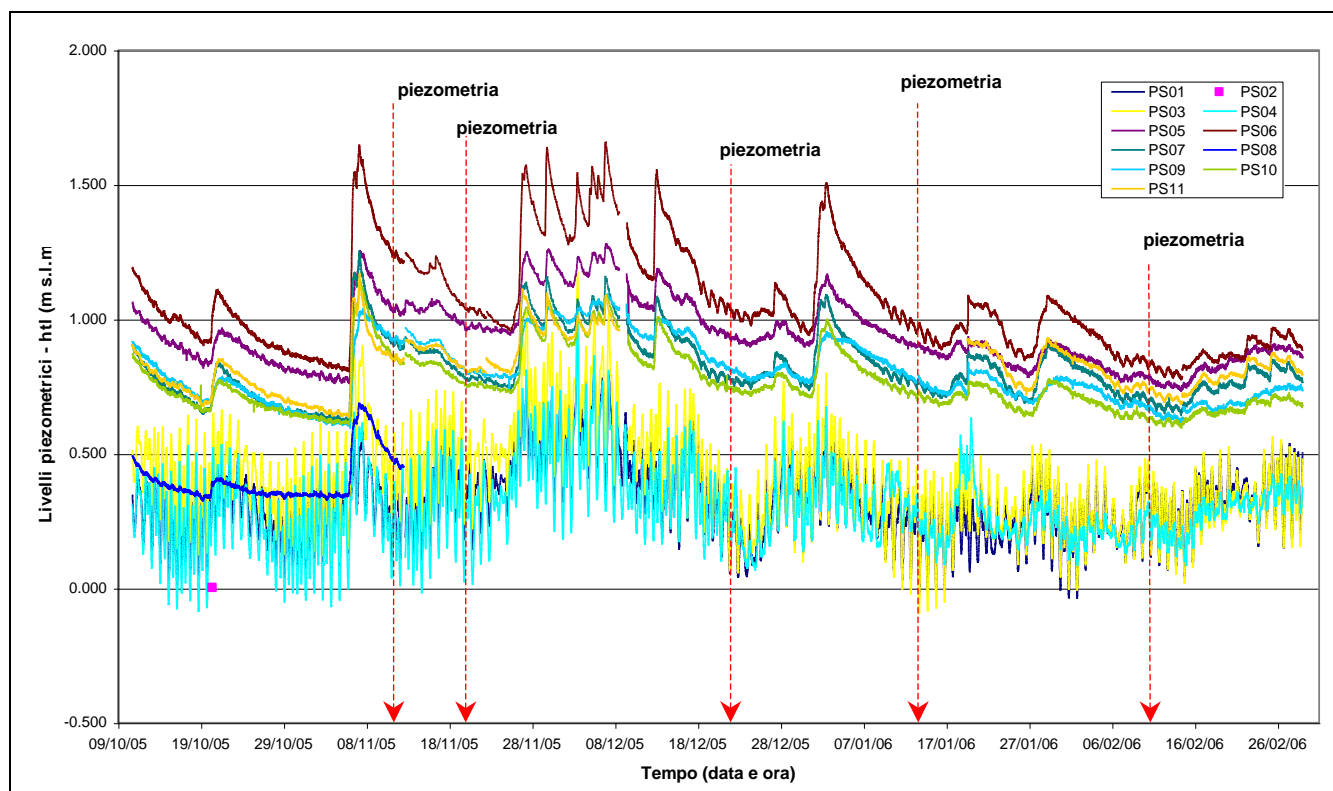


Fig. 5.21 - Date in corrispondenza delle quale sono state elaborate le piezometrie superficiali

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

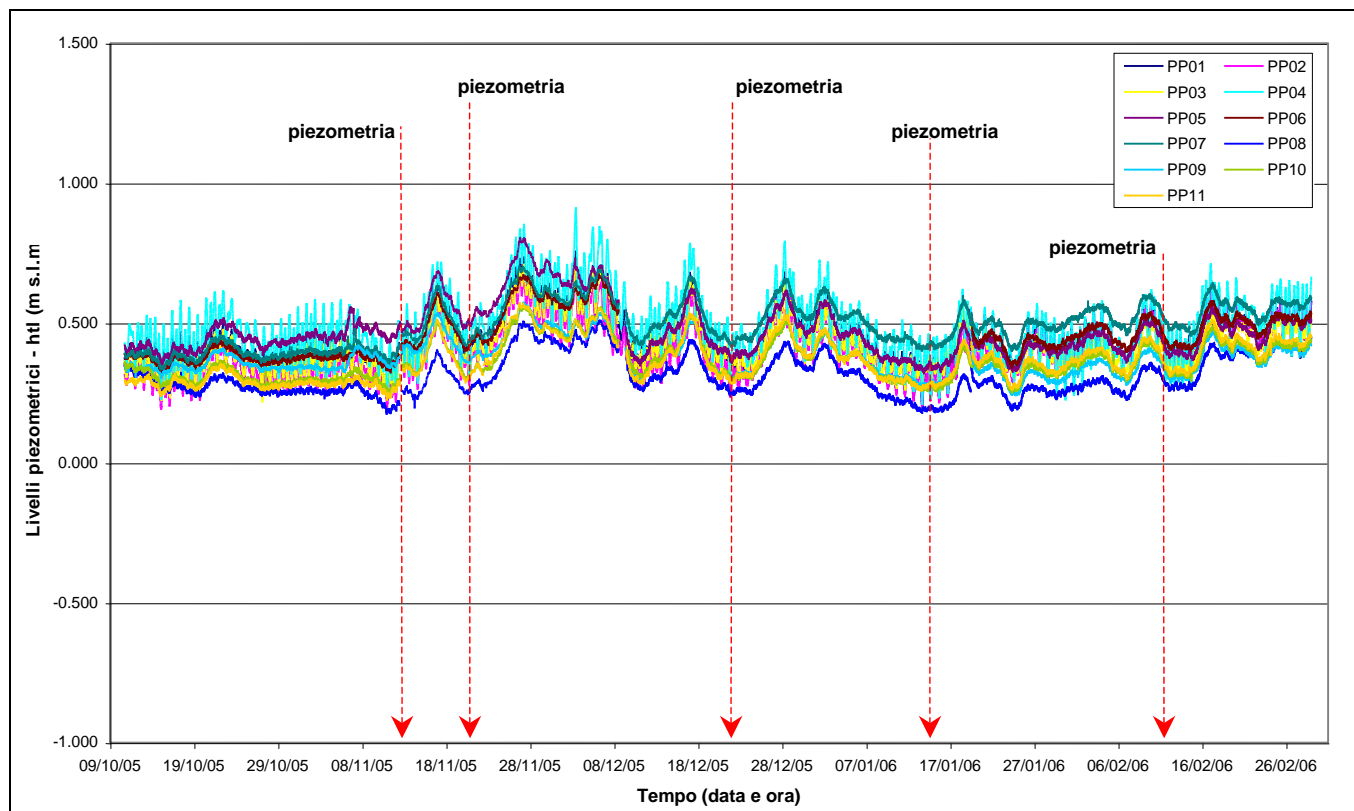


Fig. 5.22 - Date in corrispondenza delle quale sono state elaborate le piezometrie profonde

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

5.5.2 *Piezometria superficiale*

La piezometria del Primo livello acquifero (Strato A) è stata desunta a partire dai valori di battente idrico misurati dai Levellogger posizionati in corrispondenza di piezometri superficiali. In Tab. 5.26 sono riportati i livelli piezometrici riferiti a 5 date diverse, durante i mesi monitorati, di cui una appartenente alla Fase A. Nelle Figg.5.23 - 5.24 - 5.25 - 5.26 - 5.27 sono riportate le relative piezometrie, elaborate con il software Surfer.

Tab. 5.26 - Livelli piezometrici h_{ij} relativi al Primo livello acquifero (strato A), rilevati dai trasduttori nella Fase A e nelle quattro date di riferimento.

Piezometro	Levellogger	X	Y	z_t (m s.l.m.)	Fase A	mese novembre	mese dicembre	mese gennaio	mese febbraio
					h_{ij} (m s.l.m.)	h_{ij} (m s.l.m.)	h_{ij} (m s.l.m.)	h_{ij} (m s.l.m.)	
PS01	L02	2318325.88	5035253.68	1.778	0.271	0.388	0.248	0.171	0.202
PS02	L04	2318303.30	5034900.48	1.713	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
PS03	L06	2318377.62	5034552.61	1.545	0.331	0.496	0.322	0.215	0.200
PS04	L08	2318449.34	5034373.27	1.453	0.147	0.300	0.443	0.204	0.202
PS05	L10	2318582.01	5034989.80	1.816	0.799	0.977	0.944	0.887	0.758
PS06	L12	2318658.27	5034750.84	1.688	0.843	1.036	1.032	0.939	0.821
PS07	L14	2318785.95	5034898.62	1.403	0.654	0.775	0.780	0.740	0.685
PS08	L16	2318799.69	5034032.43	0.663	0.345	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
PS09	L18	2318764.67	5035448.00	2.259	0.638	0.799	0.810	0.751	0.644
PS10	L20	2318792.99	5035043.94	2.023	0.634	0.763	0.747	0.710	0.621
PS11	L22	2318787.28	5034652.23	1.169	0.673	0.806	n.d.	n.d.	0.719

Le superfici piezometriche (Figg.5.23 - 5.24 - 5.25 - 5.26 - 5.27) sono caratterizzate da un valore più elevato in corrispondenza del piezometro PS06. La direzione di deflusso si irradia, pertanto, da questo punto verso la zona circostante. In prossimità della bocca di porto, la falda ospitata nel Primo livello acquifero alimenta il mare. Il gradiente piezometrico medio calcolato relativo a ciascuna elaborazione è riportato in Tab.5.27. Non sono state registrate, nel corso del quadrimestre di monitoraggio, condizioni difformi da quanto osservato nella Fase A.

Tab.5.27 - Gradienti idraulici medi caratterizzanti le superfici piezometriche

Data piezometria	Gradiente idraulico medio
Fase A: 12 novembre 2005 - h14.00	0.14%
mese novembre: 20 novembre 2005 - h14.00	0.12%
mese dicembre: 22 dicembre 2005 - h14.00	0.12%
mese gennaio: 14 gennaio 2006 - h14.00	0.18%
mese febbraio: 11 febbraio 2006 - h14.00	0.16%

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

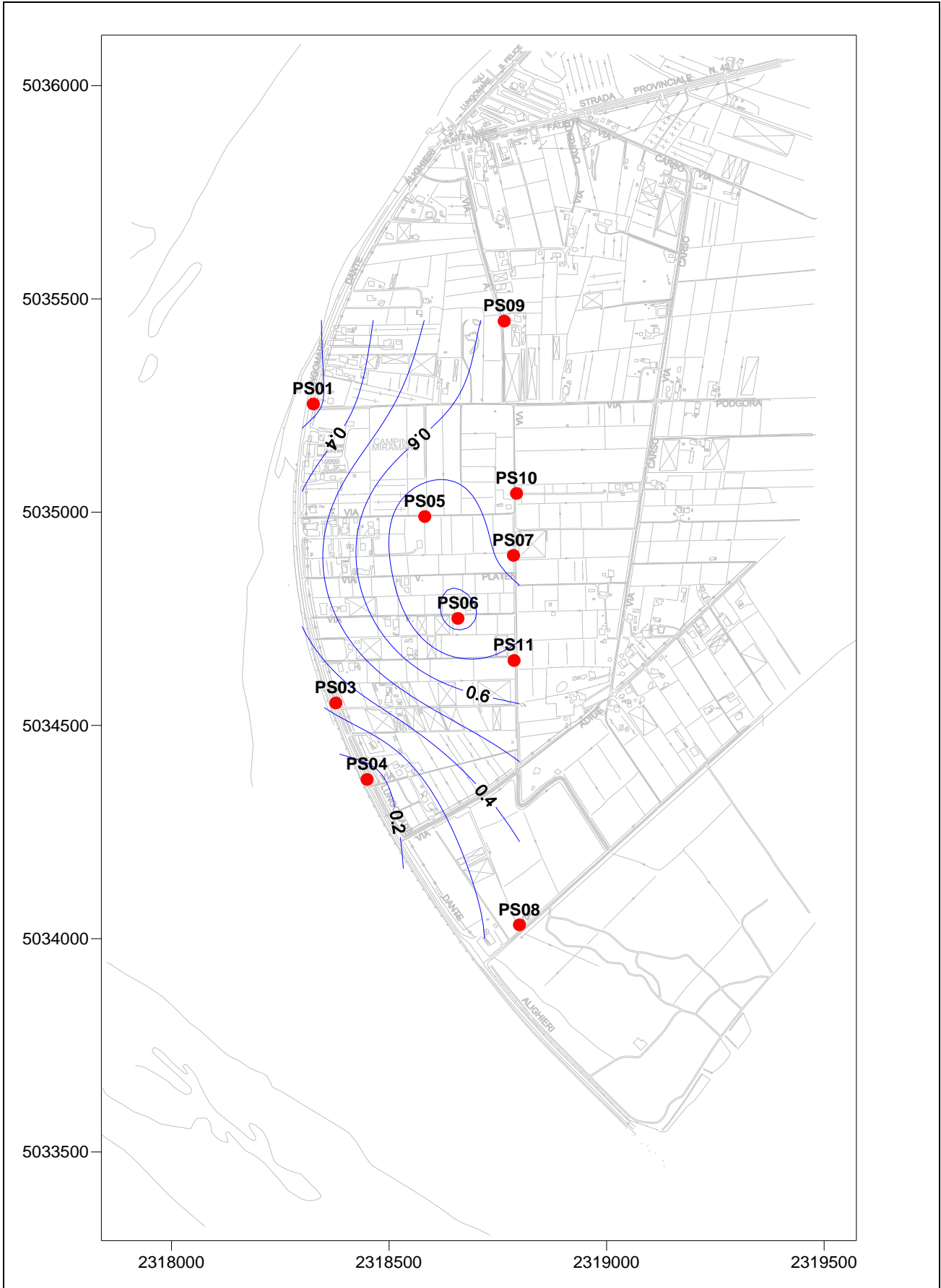


Fig.5.23 - Piezometria superficiale (h_H - m s.l.m.), 12 novembre 2005 - h.14.00 (FaseA)

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

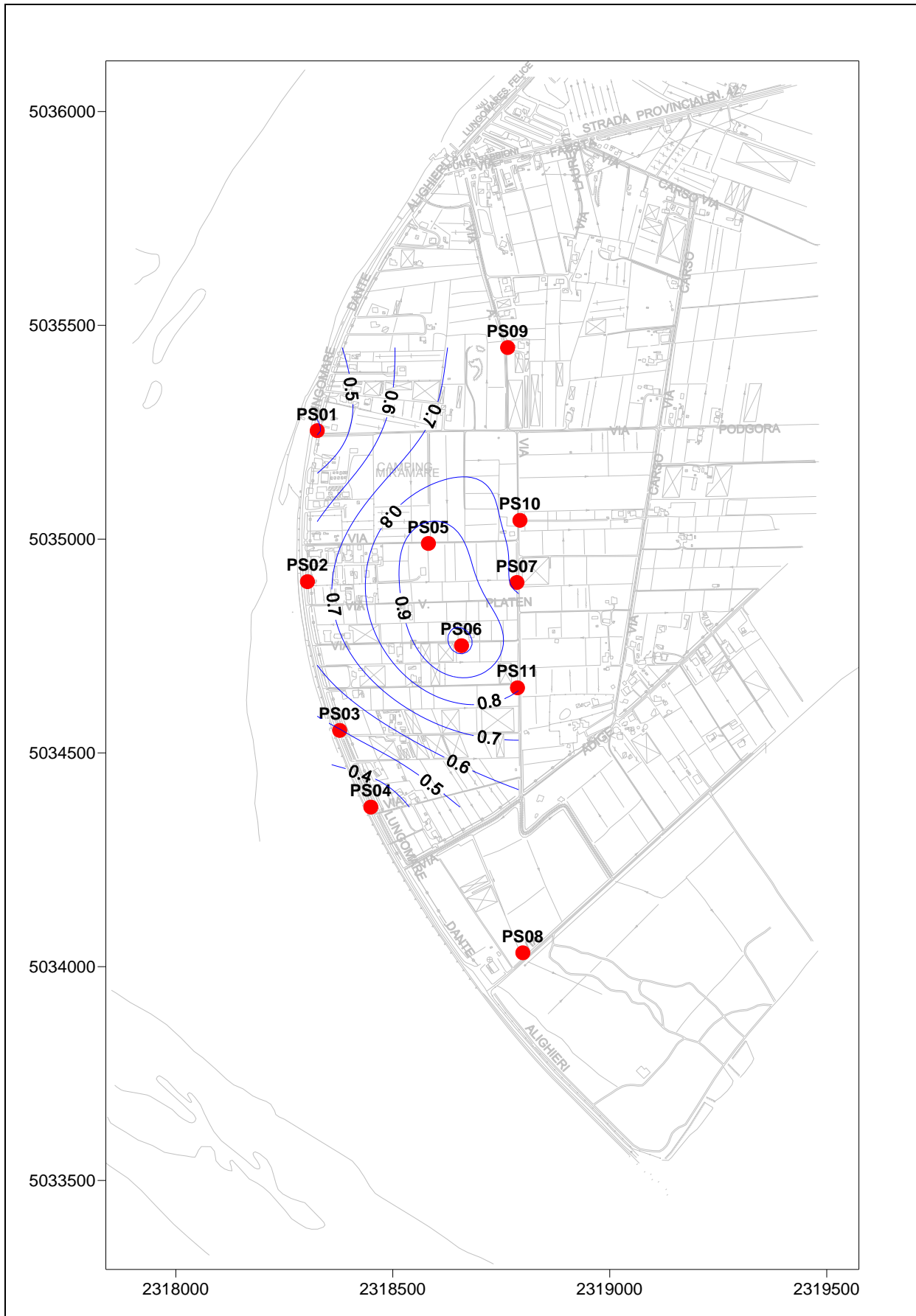


Fig.5.24 - Piezometria superficiale (h_{II} - m s.l.m.), 20 novembre 2005 - h.14.00 (mese di novembre 2005)

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

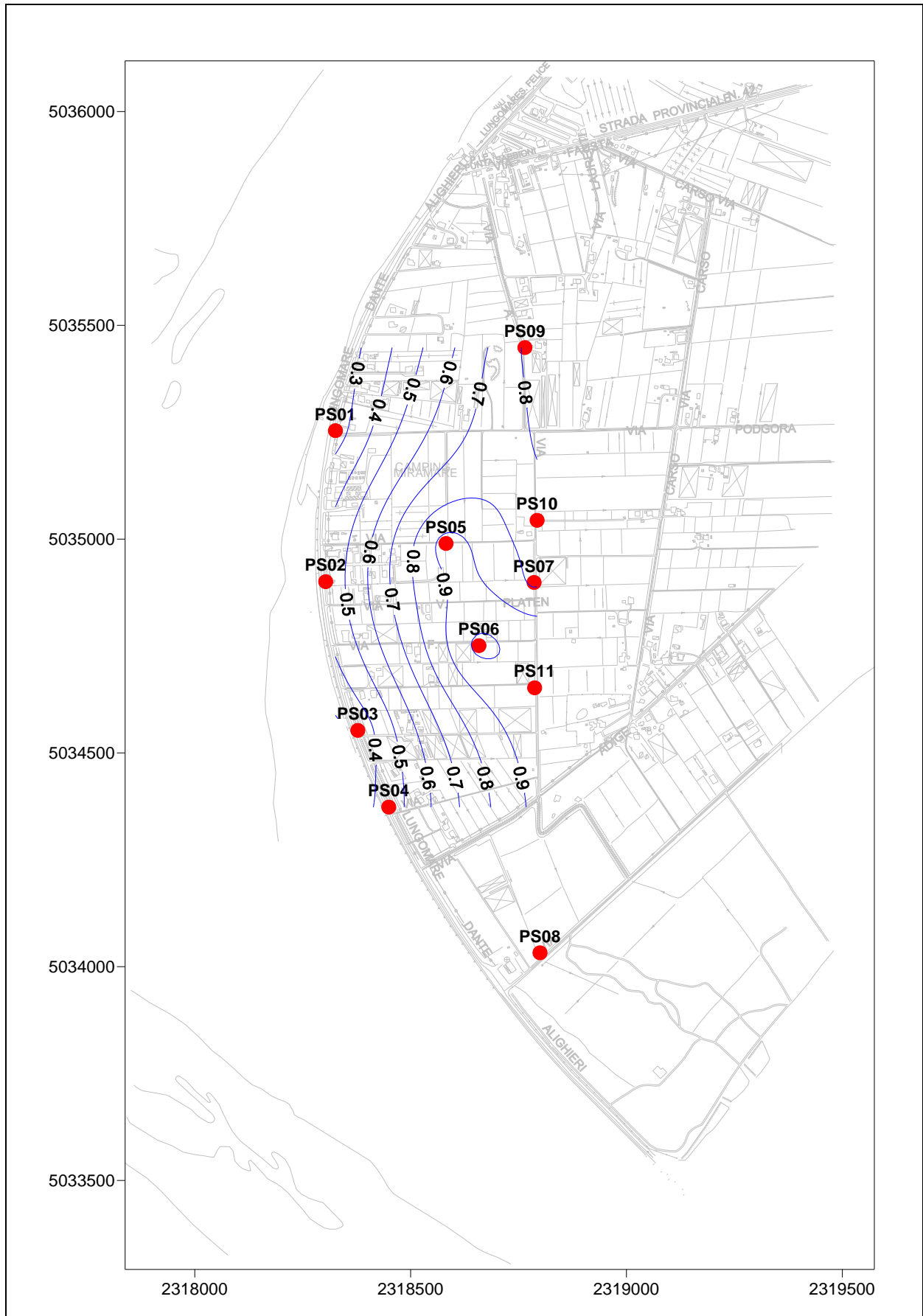


Fig.5.25 - Piezometria superficiale ($h_H - m$ s.l.m.), 22 dicembre 2005 - h.14.00 (mese di dicembre 2005)

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

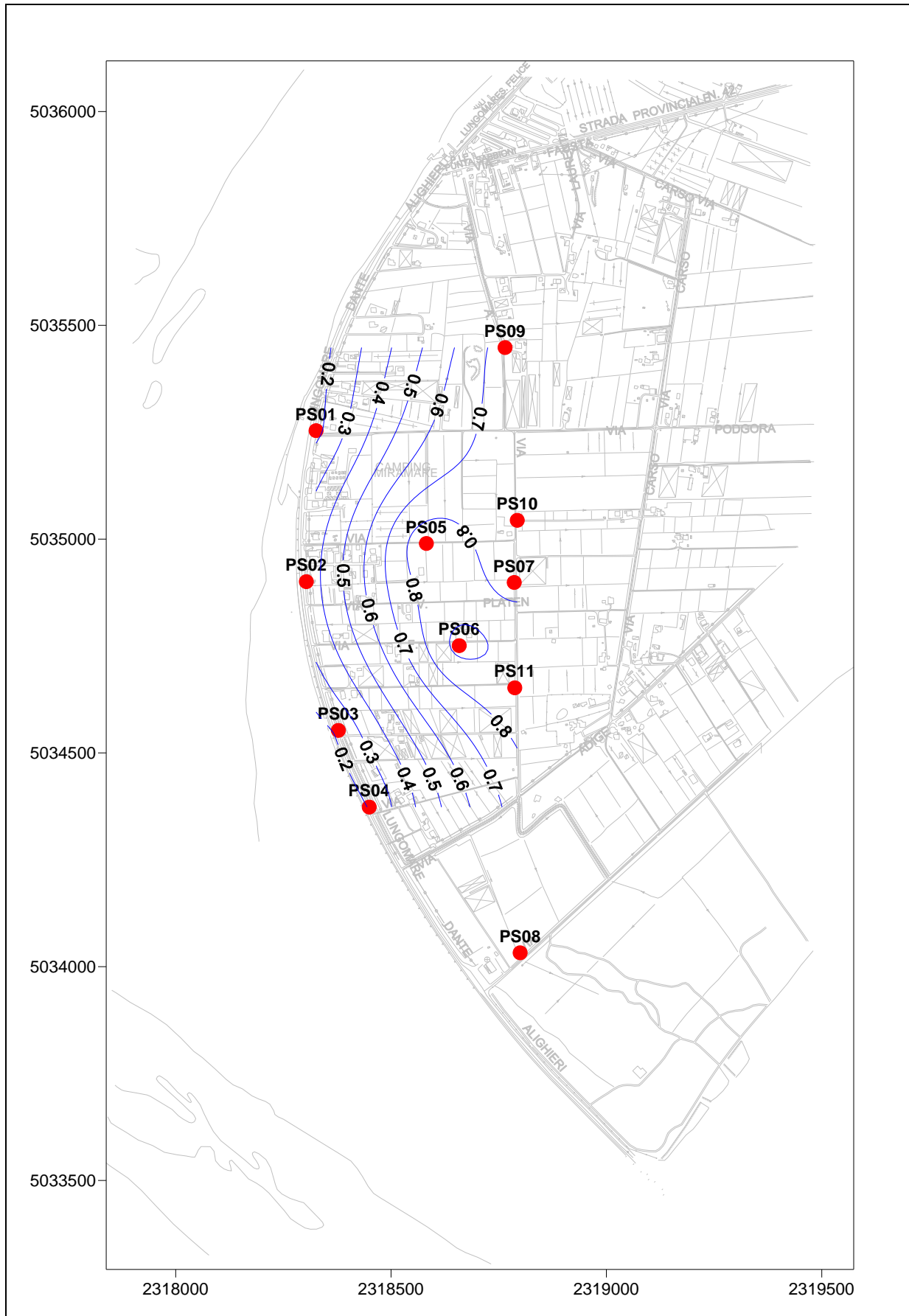


Fig.5.26 - Piezometria superficiale ($h_H - m$ s.l.m.), 14 gennaio 2006 - h.14.00 (mese di gennaio 2006)

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

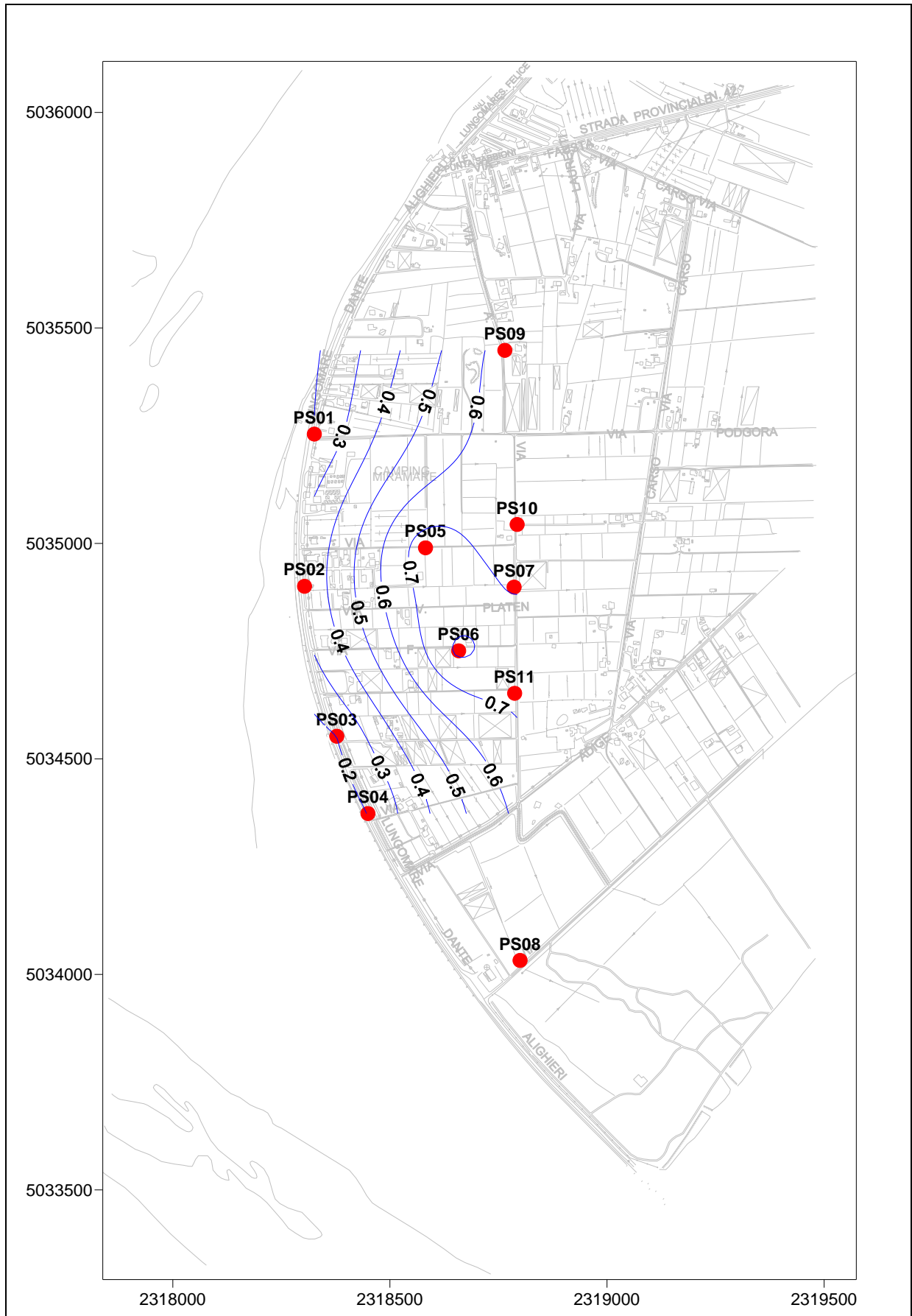


Fig.5.27 - Piezometria superficiale (h_{tl} - m s.l.m.), 11 febbraio 2006 - h.14.00 (mese di febbraio 2006)

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

5.5.3 *Piezometria profonda*

La piezometria del Secondo livello acquifero (Strato C) è stata desunta a partire dai valori di battente idrico misurati dai Levellogger posizionati in corrispondenza di piezometri profondi.

In Tab. 5.28 sono riportati i livelli piezometrici riferiti a 5 date diverse di cui una appartenente alla Fase A. Nelle Figg.5.28 - 5.29 - 5.30 - 5.31 - 5.32 sono riportate le relative piezometrie, elaborate con il software Surfer.

Tab. 5.28 - Livelli piezometrici h_{pi} relativi al Secondo livello acquifero (Strato C), rilevati dai trasduttori nella Fase A e nelle quattro date di riferimento.

Piezometro	Levellogger	X	Y	z_t (m s.l.m.)	Fase A	mese novembre	mese dicembre	mese gennaio	mese febbraio
					h_{pi} (m s.l.m.)	h_{pi} (m s.l.m.)	h_{pi} (m s.l.m.)	h_{pi} (m s.l.m.)	h_{pi} (m s.l.m.)
PP01	L01	2318325.44	5035252.10	1.781	0.337	0.381	0.360	0.284	0.355
PP02	L03	2318303.40	5034898.36	1.706	0.298	0.339	0.328	0.251	0.353
PP03	L05	2318378.37	5034550.49	1.492	0.353	0.375	0.388	0.318	0.349
PP04	L07	2318448.54	5034374.67	1.515	0.394	0.438	0.466	0.314	0.348
PP05	L09	2318579.81	5034989.68	1.730	0.469	0.504	0.392	0.356	0.423
PP06	L11	2318658.29	5034748.80	1.652	0.375	0.404	n.d.	n.d.	0.445
PP07	L13	2318786.12	5034900.50	1.323	0.401	0.423	0.441	0.416	0.503
PP08	L15	2318800.26	5034031.14	0.675	0.260	0.242	0.265	0.193	0.283
PP09	L17	2318765.07	5035445.93	2.274	0.339	0.359	0.309	0.291	0.328
PP10	L19	2318793.08	5035045.83	2.098	0.302	0.299	0.315	0.276	0.336
PP11	L21	2318787.40	5034654.31	1.087	0.288	0.298	0.317	0.284	0.343

Le superfici piezometriche (Figg.5.28 - 5.29 - 5.30 - 5.31 - 5.32) sono caratterizzate da valori di carico più elevati in corrispondenza dei piezometri PP05, PP06 e PP07. Il gradiente piezometrico medio risulta essere estremamente basso come riportato in Tab. 5.29. Non sono state registrate, nel corso del quadrimestre di monitoraggio, condizioni difformi da quanto osservato nella Fase A di monitoraggio.

Tab.5.29 - Gradienti idraulici medi caratterizzanti le superfici piezometriche profonde

Data piezometria	Gradiente idraulico medio
Fase A: 12 novembre 2005 - h14.00	0.02%
mese novembre: 20 novembre 2005 - h14.00	0.04%
mese dicembre: 22 dicembre 2005 - h14.00	0.032%
mese gennaio: 14 gennaio 2006 - h14.00	0.035%
mese febbraio: 11 febbraio 2006 - h14.00	0.031%

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

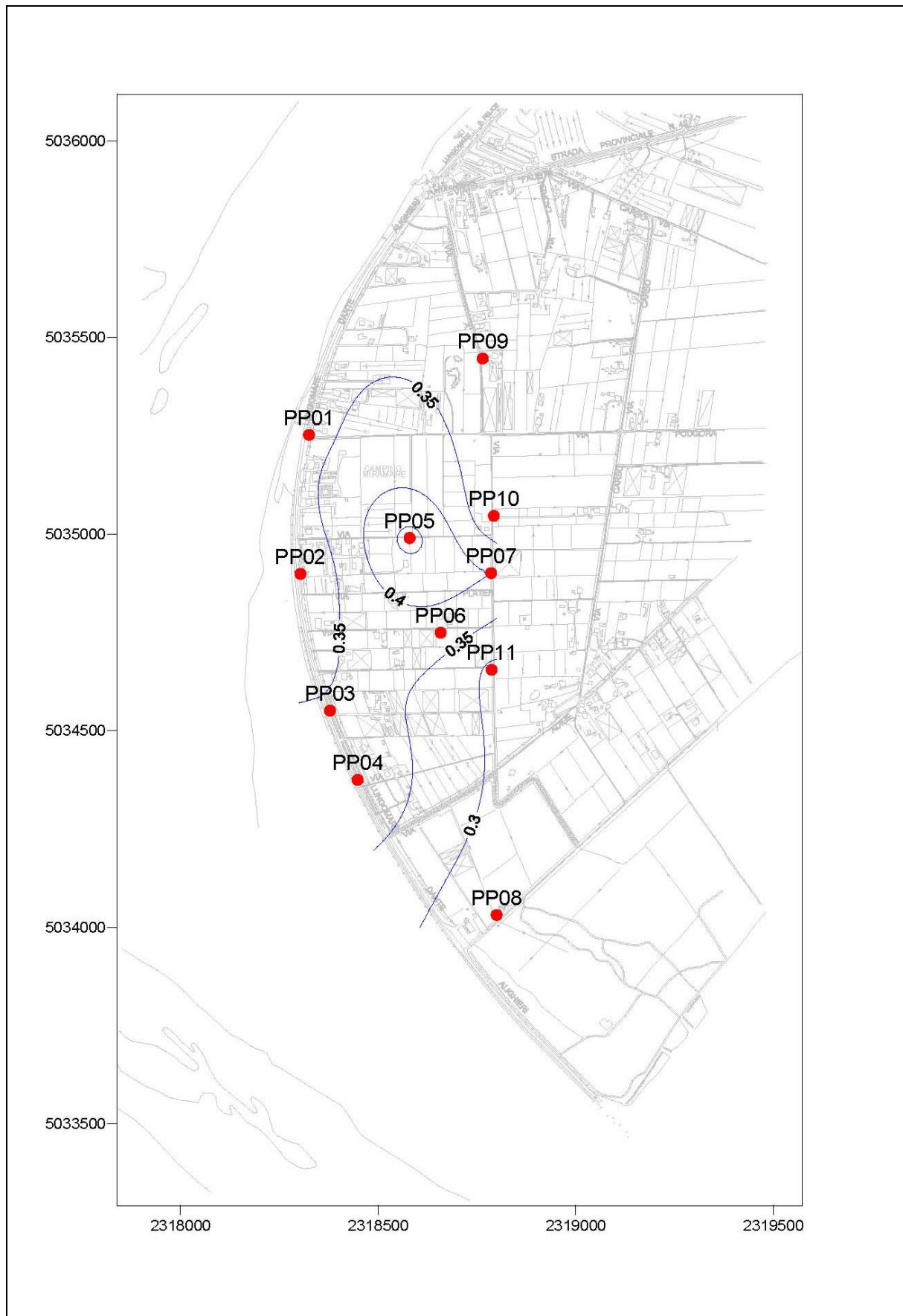


Fig.5.28 - Piezometria profonda (h_t - m s.l.m.), 12 novembre 2005 - h.14.00 (FaseA)

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

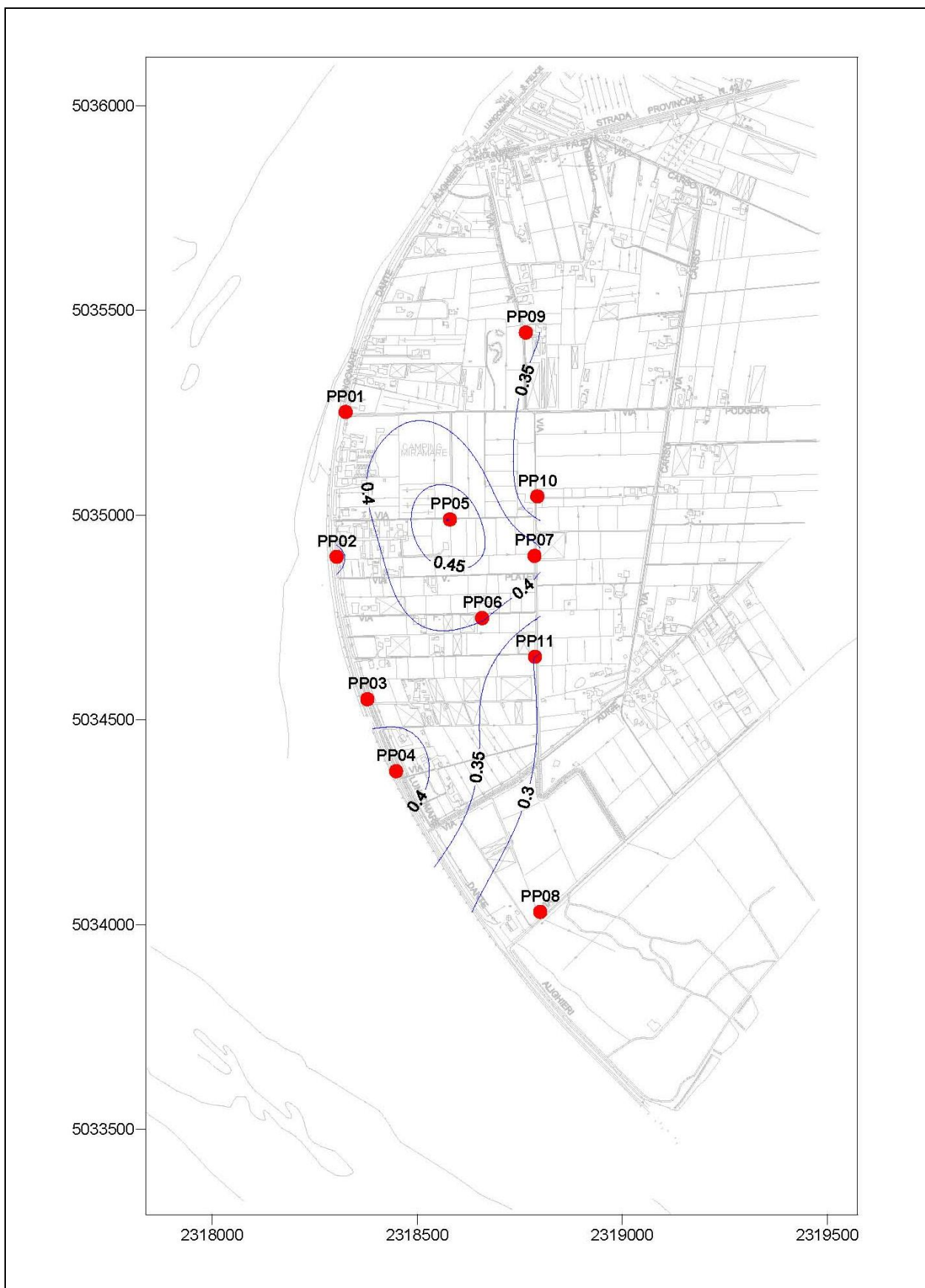


Fig.5.29 - Piezometria profonda (h_{f1} - m s.l.m.), 20 novembre 2005 - h.14.00 (mese di novembre 2005)

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

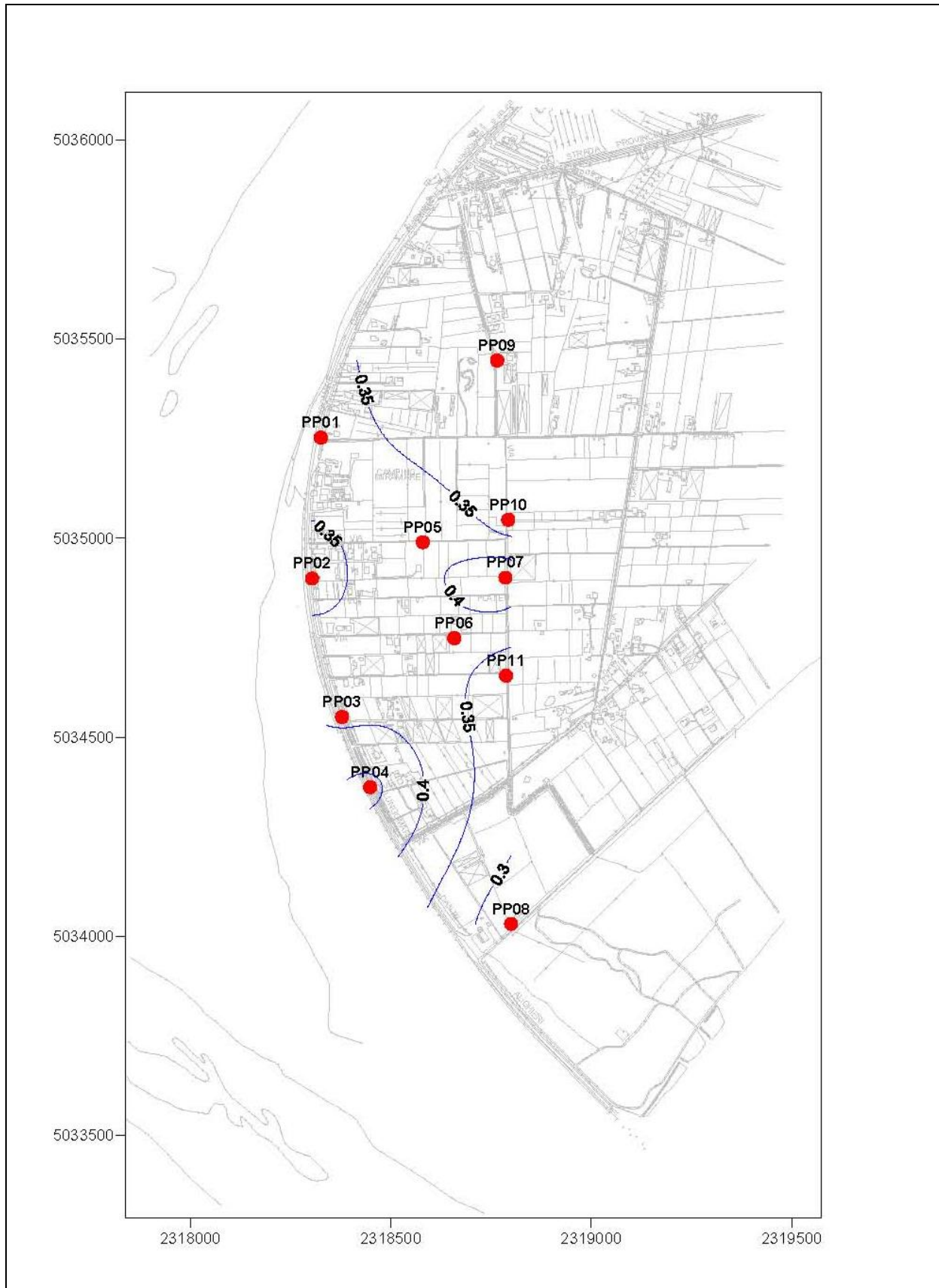


Fig.5.30 - Piezometria profonda (h_t - m s.l.m.), 22 dicembre 2005 - h.14.00 (mese di dicembre 2005)

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

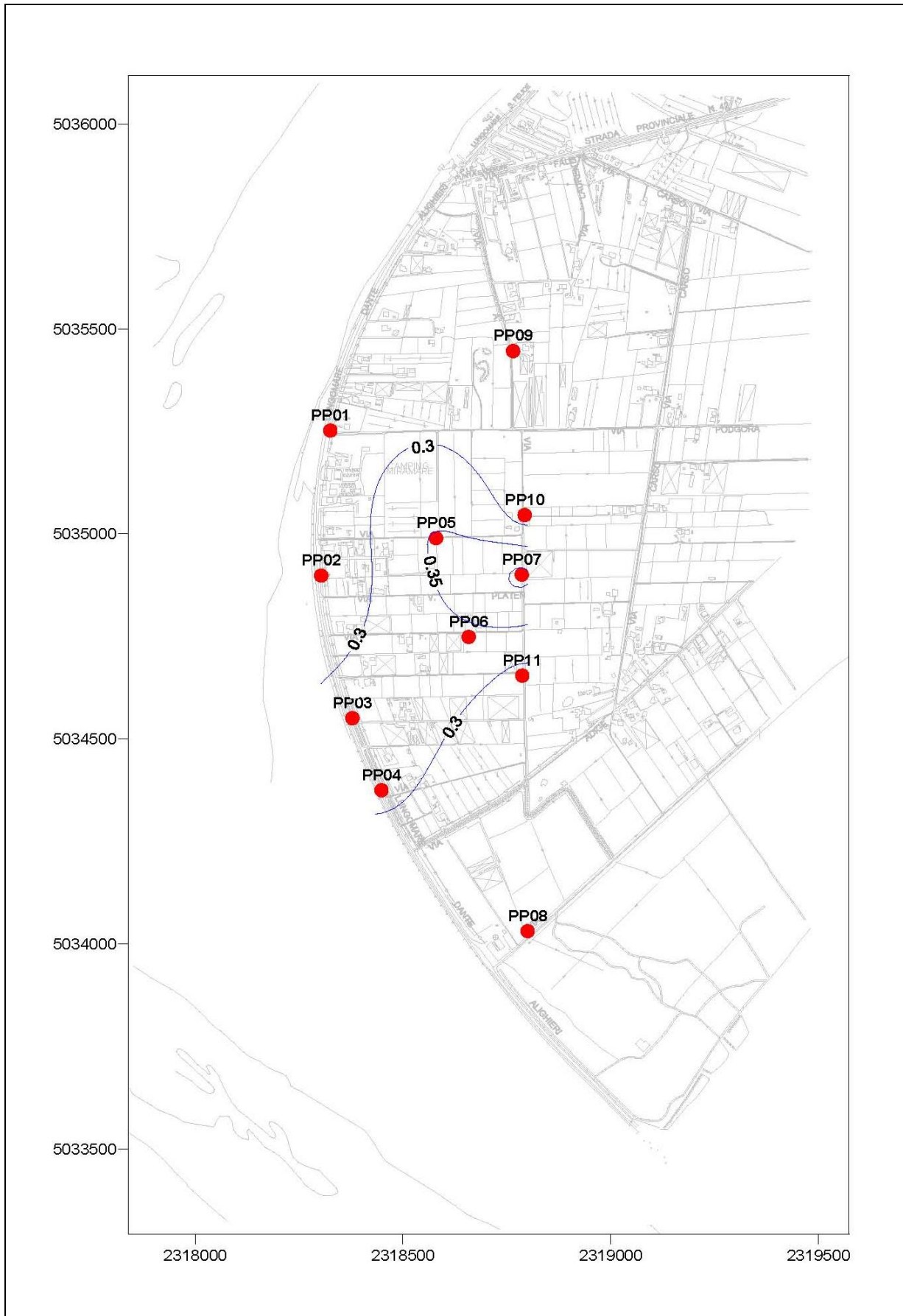


Fig.5.31 - Piezometria profonda (h_{q1} - m s.l.m.), 14 gennaio 2006 - h.14.00 (mese di gennaio 2006)

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

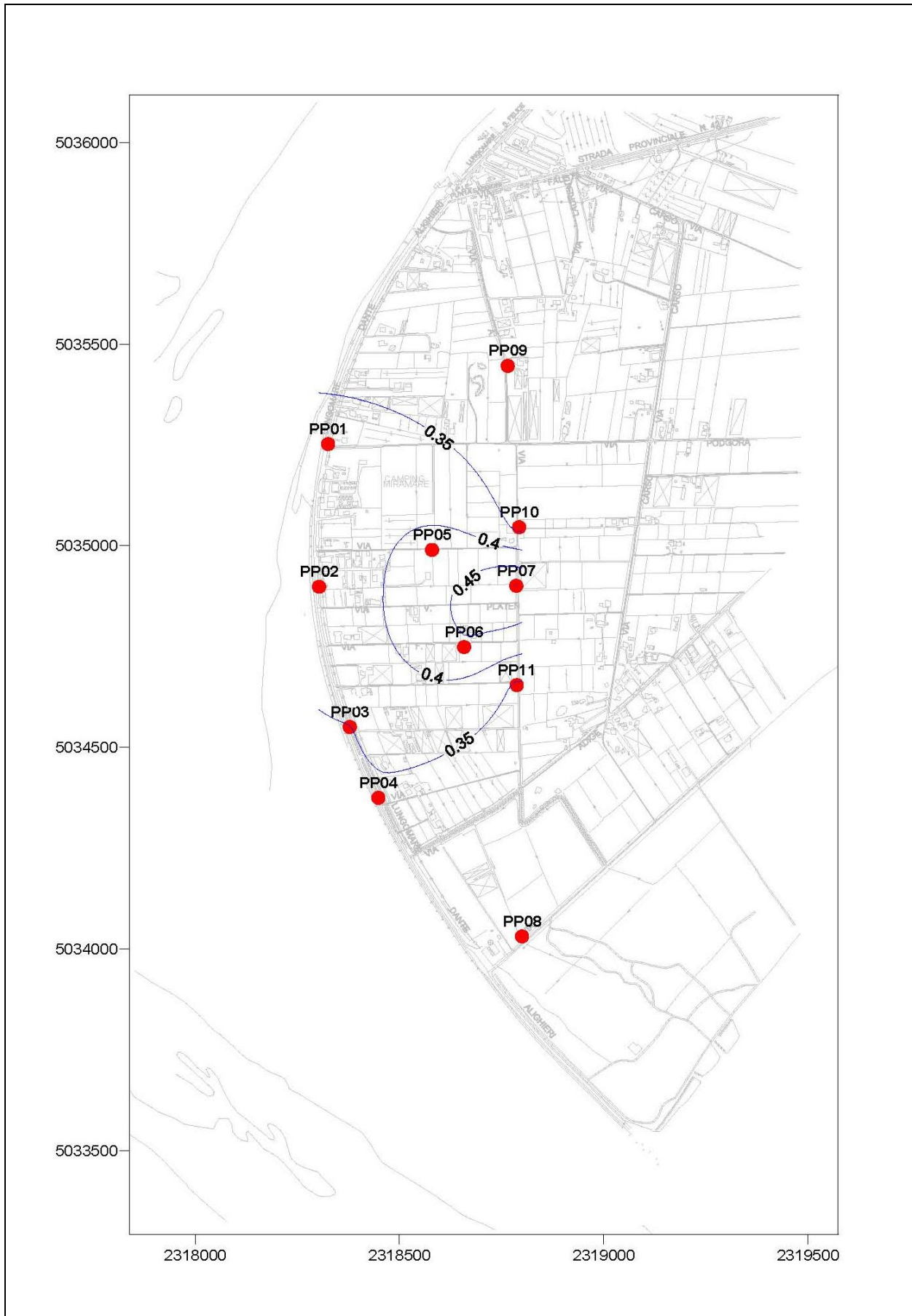


Fig.5.32 - Piezometria profonda (h_{el} - m s.l.m.), 11 febbraio 2006 - h.14.00 (mese di febbraio 2006)

6. VERIFICA DEL RISPETTO DELLE SOGLIE DI AZIONE

Le soglie prendono in considerazione eventi quali il basso o l'alto livello piezometrico, valutati sui carichi idraulici istantanei o su una media di 24 ore nei due livelli acquiferi, e sono definite dalle seguenti relazioni (vedasi Tab.6.1):

- BLI, basso livello istantaneo: si raggiunge 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, basso livello medio su 24 h: si raggiunge quando il livello piezometrico, mediato sulle 24 h, in corrispondenza di un piezometro di monitoraggio 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, alto livello istantaneo: si raggiunge 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, alto livello medio su 24h: si raggiunge quando il livello piezometrico, mediato sulle 24 h, in corrispondenza di un piezometro di monitoraggio si trova al di sopra del punto di riferimento delle quote: $\bar{h}_{ul,24} > z_t$ (m s.l.m.).

Nel corso del quadrimestre di monitoraggio si è verificato il pieno rispetto delle soglie di Alto e Basso Livello senza anomalie a carattere istantaneo o di lungo periodo. È possibile desumere che le forzanti antropiche imputabili al cantiere non abbiano determinato, in questa fase, effetti significativi sui livelli piezometrici.

CORILA

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

Tab.6.1: Identificazione preliminare delle soglie ed azioni correttive

Sigla	BLI			BLM			ALI			ALM		
Evento	Basso livello istantaneo			Basso livello medio (24 h)			Alto livello istantaneo			Alto livello medio (24 h)		
Espression e	$h_{ul} < h_M - 1$			$\bar{h}_{u,24} < \bar{h}_{M,24} - 1$			$h_{ul} > z_t$			$\bar{h}_{u,24} > z_t$		
Causa	Naturale	Antropica		Naturale	Antropica		Naturale	Antropica		Naturale	Antropica	
		Varia	Cantiere		Varia	Cantiere		Varia	Cantiere		Varia	Cantiere
Azione	-	Avviso	Avviso	-	Accertare la presenza di pozzi in funzione	Valutare riduzione pompaggio ed efficienza impermeabilizzazione tura	Valutare affidabilità dati Barologger	Avviso Valutare affidabilità dati Barologger	Avviso Valutare affidabilità dati Barologger	Spostamento Barologger	Spostamento Barologger	Spostamento Barologger Interventi da valutare

7. CONCLUSIONI

I primi quattro mesi relativi alla Fase B di monitoraggio, comprendenti il periodo tra il 12 novembre 2005 ed il 28 febbraio 2006, hanno permesso di valutare, su un esteso intervallo temporale, il trend dei livelli piezometrici all'interno del Primo e Secondo livello acquifero individuati dal Disciplinare Tecnico.

È stato possibile valutare le influenze delle forzanti naturali (precipitazioni ed oscillazioni mareali) ed antropiche agenti sul sistema dinamico.

Il quadrimestre è stato caratterizzato da eventi pluviometrici di intensità variabile; lo studio si è concentrato su quelli di intensità superiore a 5 mm. È stata pertanto analizzata, dal punto di vista statistico, l'influenza delle precipitazioni sui livelli registrati in corrispondenza dei 22 piezometri (profondi e superficiali). I piezometri superficiali ubicati nella porzione interna dell'area di monitoraggio (PS05, PS06, PS07, PS09, PS10 e PS11) sono quelli che risentono maggiormente delle precipitazioni meteoriche. Nel Secondo livello acquifero gli effetti delle precipitazioni si risentono sui piezometri PP05, PP06, PP07, PP08, PP09, PP10 e PP11, anche se in maniera meno marcata rispetto ai superficiali.

Gli effetti prodotti dalla evoluzioni mareali si risentono maggiormente in corrispondenza dei piezometri superficiali (PS01, PS03 e PS04) e profondi (PP01, PP02, PP03 e PP04) ubicati in prossimità della bocca di porto e quindi del mare. I livelli piezometrici medi nel periodo di monitoraggio sono conformi a quanto riportato nella Fase A di monitoraggio e non evidenziano comportamenti anomali. Per quanto riguarda le oscillazioni diurne dei livelli piezometrici in corrispondenza dei punti di monitoraggio, è stata osservata solo in corrispondenza del piezometro superficiale PS04 una riduzione dell'ampiezza d'onda: il rapporto tra l'ampiezza di oscillazione del livello nel piezometro e quella marina varia dal 49% (riscontrato in Fase A) al 13% (riscontrato nel mese di febbraio 2006). Si può ipotizzare che lo smorzamento delle oscillazioni in corrispondenza di tale piezometro sia riconducibile alla realizzazione del terrapieno ubicato a sud del porto rifugio.

Sono state, inoltre, realizzate quattro ricostruzioni piezometriche relative ai due livelli acquiferi. Le superfici piezometriche relative al Primo livello acquifero hanno confermato quanto già riscontrato durante la Fase A: il piezometro PS06 è caratterizzato da carichi idraulici maggiori, la direzione di deflusso si irradia da questo punto verso la zona circostante e la falda ospitata nel Primo livello acquifero alimenta il mare. Il gradiente piezometrico medio nel quadrimestre si discosta di poco da quello calcolato in Fase A ed è compreso nel range 0.12-0.18%. Analogamente, le ricostruzioni piezometriche relative al Secondo livello acquifero sono conformi a quanto già osservato durante la Fase A: la piezometria è pressoché piana con valori di carico più alti in corrispondenza dei piezometri PP05, PP06 e PP07 e risulta caratterizzata da gradiente idraulico molto basso e compreso tra 0.02-0.04%.

Nel corso del quadrimestre di monitoraggio si è verificato il pieno rispetto delle soglie di Alto e Basso Livello senza anomalie a carattere istantaneo o di lungo periodo. È possibile desumere che le forzanti antropiche imputabili al cantiere non abbiano determinato, in questa fase, effetti significativi sui livelli piezometrici. Non sono, pertanto, necessarie azioni correttive di alcun genere.