

**PAOLO CANESTRELLI, GIOVANNI CECCONI, MAURIZIO DI DONATO\***

## VALUTAZIONE DELL'ACCURATEZZA DEI LIVELLI DI ACQUA ALTA A VENEZIA OTTENUTI CON IL PROTOTIPO DEL SISTEMA DI PREVISIONE NEL PERIODO 1997-1998\*\*

### PREMESSA

La previsione dell'andamento della marea nella laguna di Venezia viene effettuata in modo completamente automatico, a titolo sperimentale, fin dal 1994.

Il sistema generale di previsione dei livelli è attualmente composto da due insiemi di modelli che operano su basi teoriche differenti (sistema statistico e sistema deterministico) utilizzando dati meteorologici e di marea rilevati in tempo reale e le previsioni meteorologiche. Entrambi i sistemi sono stati installati presso il Centro previsioni e segnalazioni maree del Comune di Venezia e presso il Centro sperimentale per modelli idraulici (Votabarozzo - Padova) del Magistrato alle Acque di Venezia.

Il sistema statistico si basa su una correlazione multipla fra le anomalie dei livelli d'acqua in laguna e le pressioni atmosferiche previste o misurate in corrispondenza delle stazioni della rete SYNOP situate sulle coste dell'Adriatico e nel golfo di Genova.

Il sistema deterministico consiste nella modellazione numerica dei livelli e delle correnti nel mare Adriatico e nella laguna di Venezia, tenendo conto dei venti e delle pressioni previsti dall'European Centre for Medium Weather Forecast (ECMWF) di Reading (UK).

Il sistema statistico si basa su alcuni modelli che si differenziano a seconda del numero e della natura dei predittori di pressione. I predittori possono a loro volta essere misurati, come per i modelli BASIO e BACO2, o previsti come nel modello EXCO2. In quest'ultimo caso le previsioni meteo sono fornite dal modello globale ECMWF e dai modelli ad area limitata dell'ENELCRAM e dell'UCEA.

Il sistema deterministico, che simula il fenomeno fisico alla base della generazione dell'acqua alta (Fig. 1 nella pagina seguente), presenta il vantaggio di fornire una visione globale dell'idrodinamica del mare Adriatico e della laguna consentendo la migliore comprensione degli eventi. Tuttavia, a causa della sua complessità, il sistema richiede tempi elevati di elaborazione limitando il suo utilizzo, in modo automatico, a due corse giornaliere in corrispondenza dell'arrivo dei dati meteorologici previsti.

I due sistemi (statistico e deterministico) sono stati oggetto nel corso degli ultimi anni di continui perfezionamenti sia per quanto riguarda l'architettura che l'acquisizione automatica dei dati.

\* Paolo Canestrelli è direttore del Centro previsioni e segnalazioni maree del Comune di Venezia; Giovanni Cecconi è responsabile del Servizio ingegneria del Consorzio Venezia Nuova; Maurizio Di Donato è consulente del Consorzio Venezia Nuova ed esperto di gestione dei sistemi di monitoraggio e di previsione delle variabili meteomarine

\*\* Questa nota è stata redatta per anticipare alcuni risultati della sperimentazione del prototipo del sistema per la previsione delle acque alte condotta presso il Centro previsioni e segnalazioni maree del Comune di Venezia nell'ambito dello studio C. 1.2, seconda fase

Nella pagina seguente Fig. 1. Venezia 12 ottobre 1991. La marea raggiunge il livello di +127 cm sul caposaldo di Punta della Salute. La foto mostra la riva dell'isola di S. Giorgio, nel bacino di S. Marco, completamente allagata



## VALUTAZIONE DELL'ACCURATEZZA DELLA PREVISIONE

Il modello che ha fornito la serie più estesa di previsioni e quindi maggiormente indagato è il modello statistico EXCO2 che utilizza le previsioni meteorologiche ECMWF, il quale consente l'aggiornamento orario della previsione a ogni nuova acquisizione di livello. La stima dell'affidabilità di tali previsioni è stata oggetto di una prima verifica dopo gli eventi dell'inverno 1996<sup>1</sup>.

Recentemente è stata eseguita un'analisi statistica completa sui risultati ottenuti con questo strumento considerando tutti gli aggiornamenti orari delle previsioni disponibili durante i periodi operativi del sistema negli anni 1997 - 1998.

L'analisi dell'accuratezza della previsione ha riguardato gli eventi di massimo livello osservato superiore o uguale a 80 cm, per anticipi di 3, 6, 12 e 24 ore.

Dai grafici delle figure 2-5, che rappresentano i percentili degli errori di previsione del modello statistico, risulta evidente che nel 95% dei casi l'errore in sottostima è contenuto in -8 cm a 3 ore, in -10 cm a 6 ore, in -12 cm a 12 ore, in -13 cm a 24 ore. Analogamente, l'errore in sovrastima risulta nel 95% dei casi contenuto in +8 cm a 3 ore, in +10 cm a 6 ore, in +12 cm a 12 ore, in +8 cm a 24 ore.

Tali errori sono stati calcolati utilizzando unicamente la serie di previsioni generate in modo completamente automatico dall'attuale sistema statistico che, in tale modalità, utilizza come misura dei livelli soltanto quelli della stazione mareografica di Punta Salute, nel centro storico di Venezia.

L'errore sopra presentato può essere ridotto per anticipi sino a 3 ore considerando l'evoluzione dei livelli in Adriatico. A questo fine è stata condotta una simulazione per indagare come la previsione automatica del modello EXCO2 possa essere migliorata con il monitoraggio dei livelli in mare acquisiti dall'attuale rete mareografica in dotazione al Centro maree del Comune di Venezia.

La figura 6 riporta la distribuzione percentile degli errori di previsione ottenuta con orizzonte di 3 ore, anticipo massimo per il quale si ritiene di poter applicare questo metodo. A titolo di esempio le informazioni desunte dal monitoraggio durante gli eventi di marea sostenuta dei giorni 14/10/1997 (massimo cm 97) e 13/11/1997 (massimo cm 91) hanno consentito di apportare una correzione alla previsione dei livelli per 3 ore consecutive che ha condotto a una significativa riduzione degli errori. La procedura si ottiene utilizzando il valore osservato in mare all'istante della previsione in alternativa al valore fornito dal modello per l'ora successiva.

La figura 7 e la figura 8 riportano i risultati della procedura seguita e ne dimostrano l'efficacia.

A ulteriore conferma che gli errori descritti nel paragrafo "Il modello EXCO2" sono sovrastimati si riportano i risultati dell'analisi statistica eseguita sugli errori delle previsioni emesse dal Centro maree per avvisi alla cittadina-

### Il modello EXCO2

<sup>1</sup> Cfr.: G. Cecconi, P. Canestrelli, M. Di Donato, M. Cecchinato, I nuovi sistemi per la previsione dell'acqua alta a Venezia, in "Quaderni trimestrali", nn. 3 e 4, 1997

### Miglioramenti della previsione con il monitoraggio dei livelli in mare

### La previsione emessa dall'operatore del Centro Maree

za, durante il periodo ottobre '96 - dicembre '98 per i soli eventi maggiori o uguali a +80 cm. Gli annunci in segreteria da parte dell'operatore del Centro si avvalgono dei risultati di un modello statistico, simile a quello descritto nel paragrafo "Il modello EXCO2", e del monitoraggio dei livelli e del vento in mare.

La figura 9 riporta la distribuzione percentile degli errori di previsione desunti dalle registrazioni in segreteria telefonica con anticipo di 3 ore.

I risultati in questo caso forniscono, nel 95% dei casi, un errore in sottostima di -8 cm, valore analogo a quello ottenuto con l'applicazione della correzione che utilizza i dati forniti dal monitoraggio dei livelli in mare.

### Prospettive di riduzione degli errori di previsione

Ulteriori miglioramenti dei risultati in fase predittiva sono attesi dal perfezionamento delle previsioni meteo, che di anno in anno sono risultate sempre più affidabili, e dall'estensione del monitoraggio dei parametri meteomarini nell'Adriatico e dalla loro successiva implementazione nel sistema automatico di previsione. Inoltre, un miglioramento nella previsione a breve termine si sta ottenendo dalla ripresa delle trasmissioni dei dati di pressione atmosferica della rete SYNOP relativi alla costa orientale dell'Adriatico, che negli ultimi anni, a causa della situazione di crisi nei balcani, avevano subito frequenti interruzioni.

L'insieme di tutte queste registrazioni in tempo reale consentirà anche ai modelli basati sulle osservazioni (BASIO e BACO2) di ottenere previsioni più accurate a breve termine (3-6 ore).

Fig. 2. Livelli massimi maggiori di 80 cm del periodo 1997-1998 (Punta della Salute). Percentili degli errori di previsione del modello statistico EXCO2 per anticipi di 3 ore

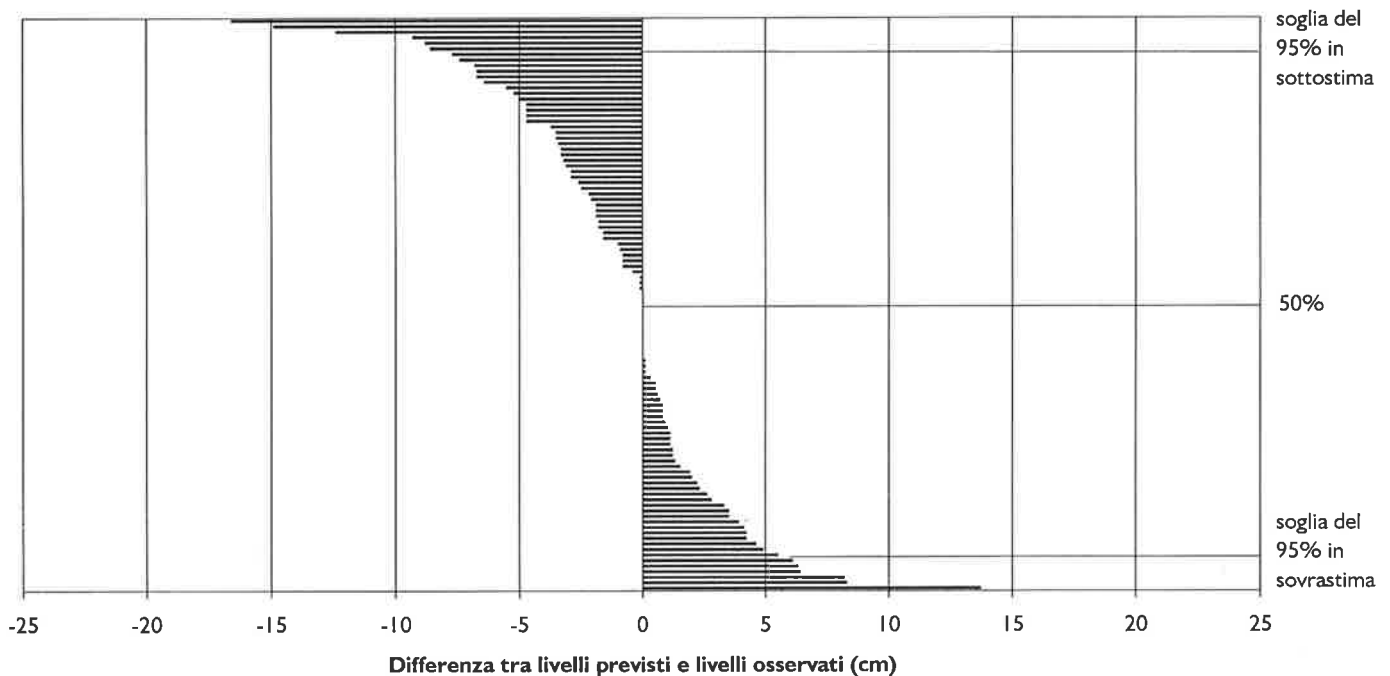


Fig. 3. Livelli massimi maggiori di 80 cm del periodo 1997-1998 (Punta della Salute).  
Percentili degli errori di previsione del modello statistico EXCO2 per anticipi di 6 ore

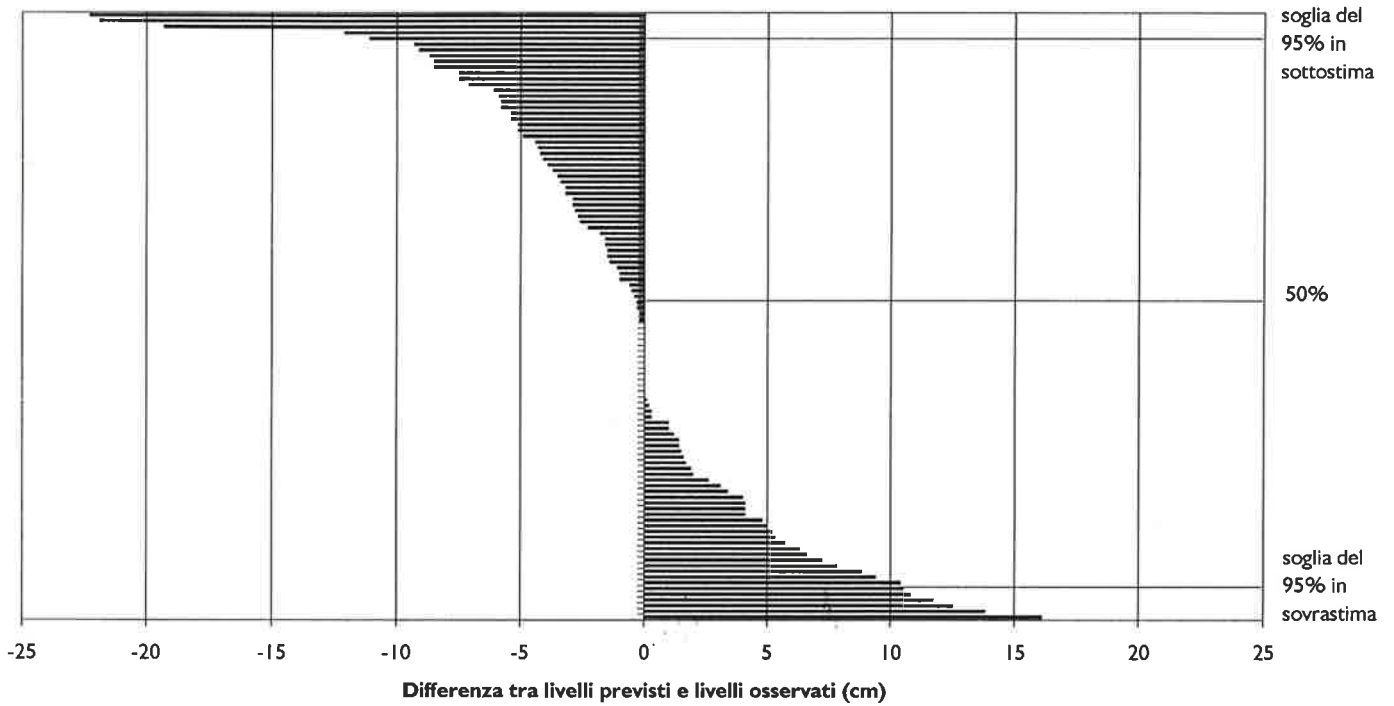


Fig. 4. Livelli massimi maggiori di 80 cm del periodo 1997-1998 (Punta della Salute).  
Percentili degli errori di previsione del modello statistico EXCO2 per anticipi di 12 ore

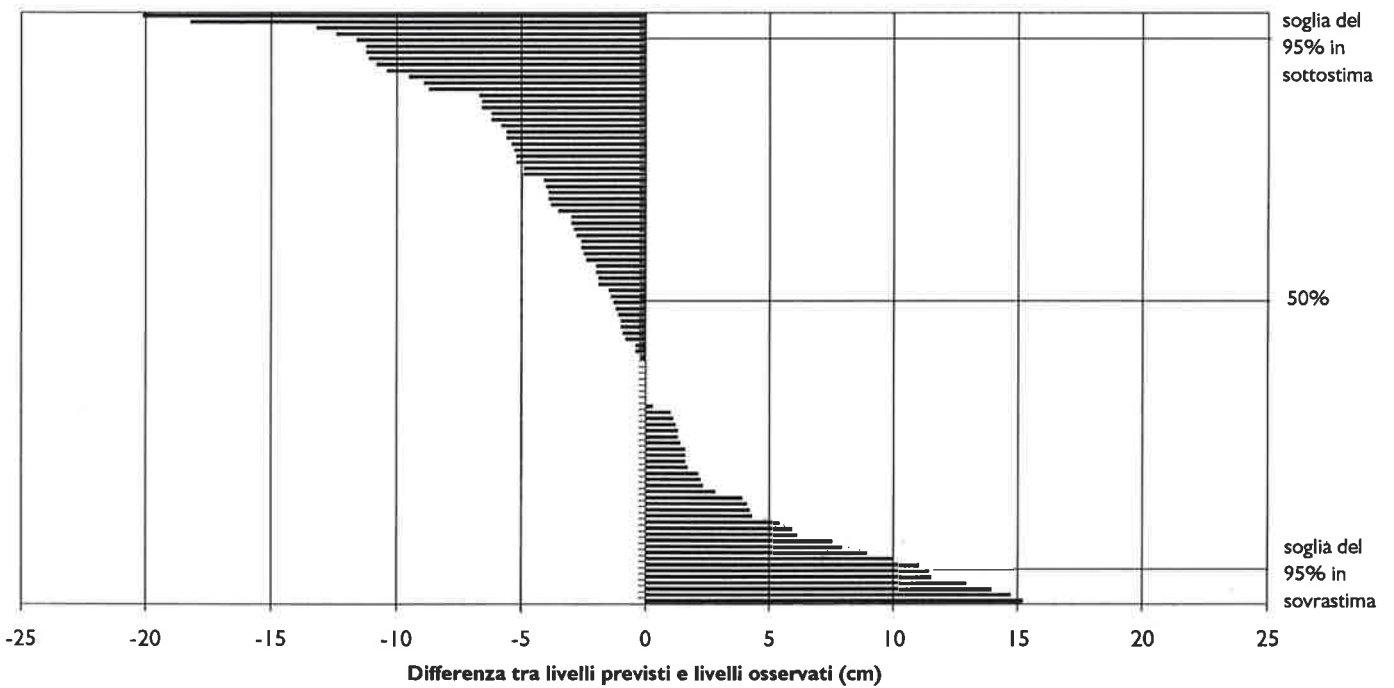




Fig. 5. Livelli massimi maggiori di 80 cm del periodo 1997-1998 (Punta della Salute).  
Percentili degli errori di previsione del modello statistico EXCO2 per anticipi di 24 ore

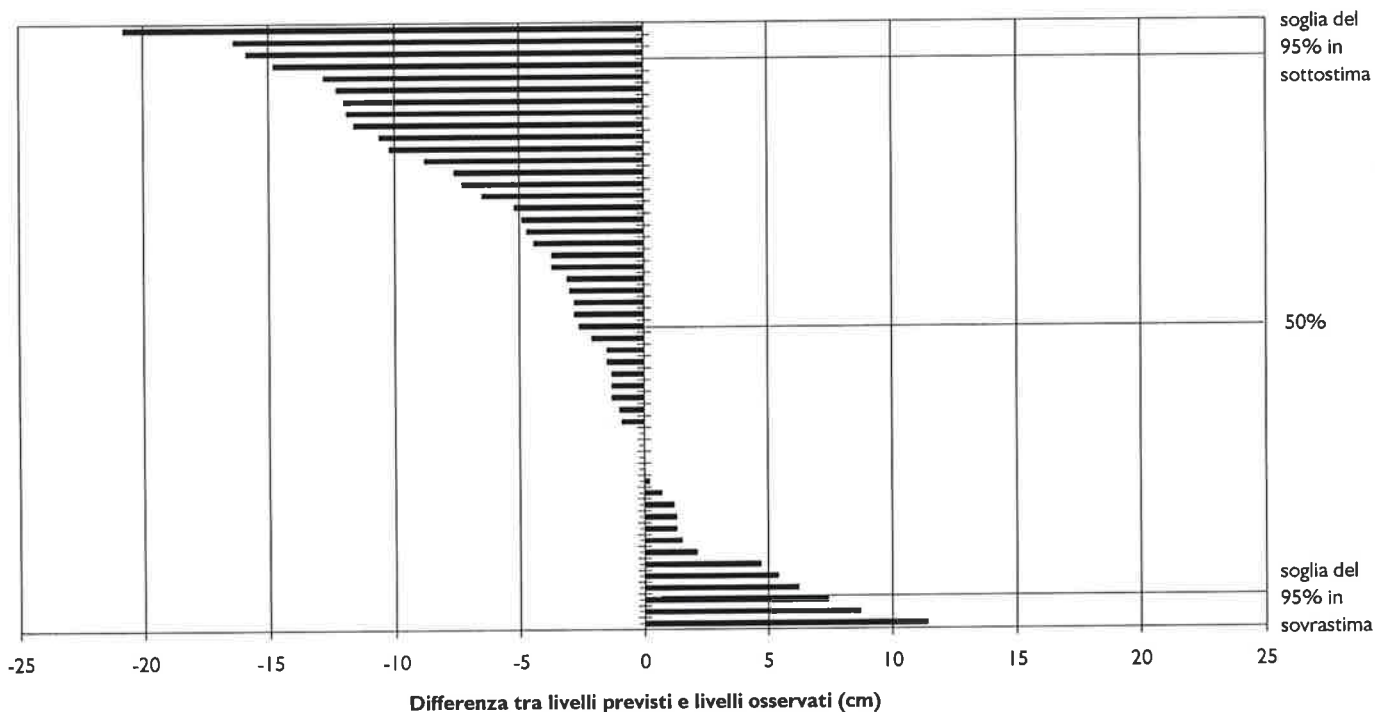


Fig. 6. Livelli massimi maggiori di 80 cm del periodo 1997-1998 (Punta della Salute).  
Percentili degli errori di previsione del modello statistico EXCO2 corretto con il monitoraggio per anticipi di 3 ore

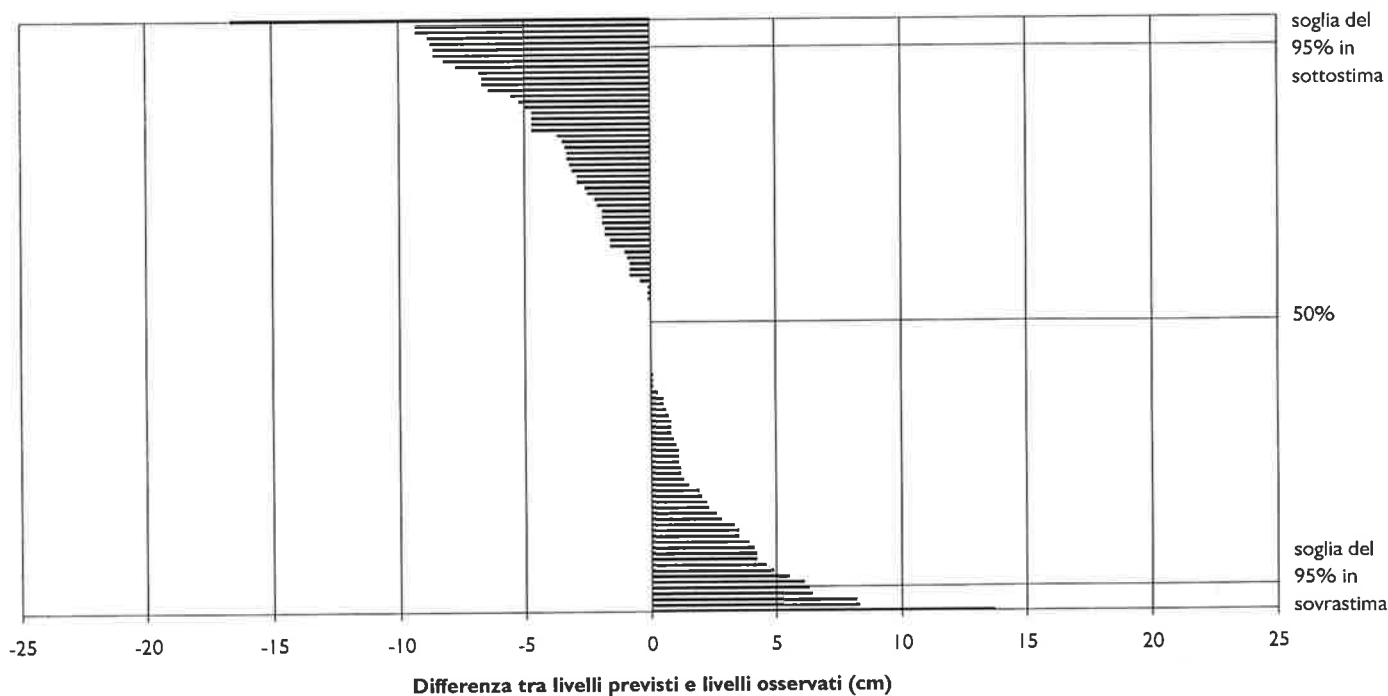


Fig. 7. Previsione del 14 ottobre 1997 con modello statistico EXCO2 e correzione con l'ausilio del monitoraggio

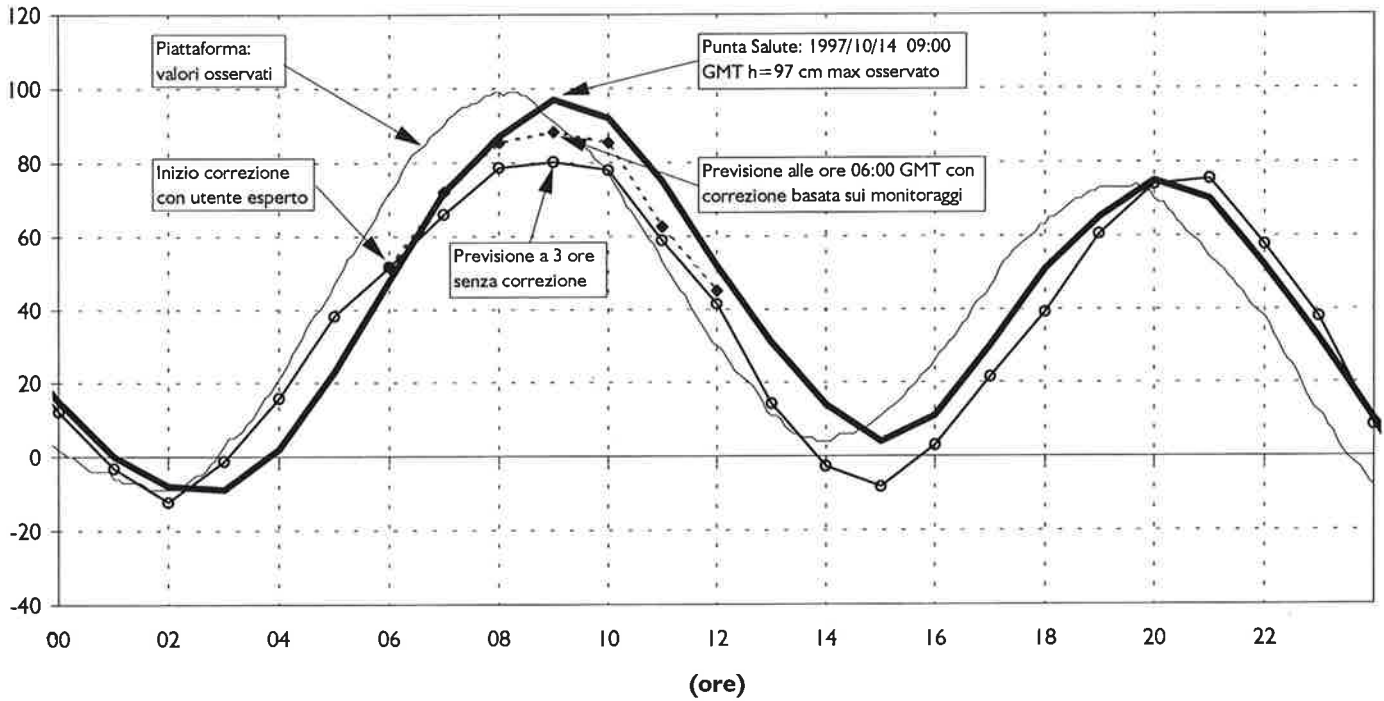


Fig. 8. Previsione del 13 novembre 1997 con modello statistico EXCO2 e correzione con l'ausilio del monitoraggio

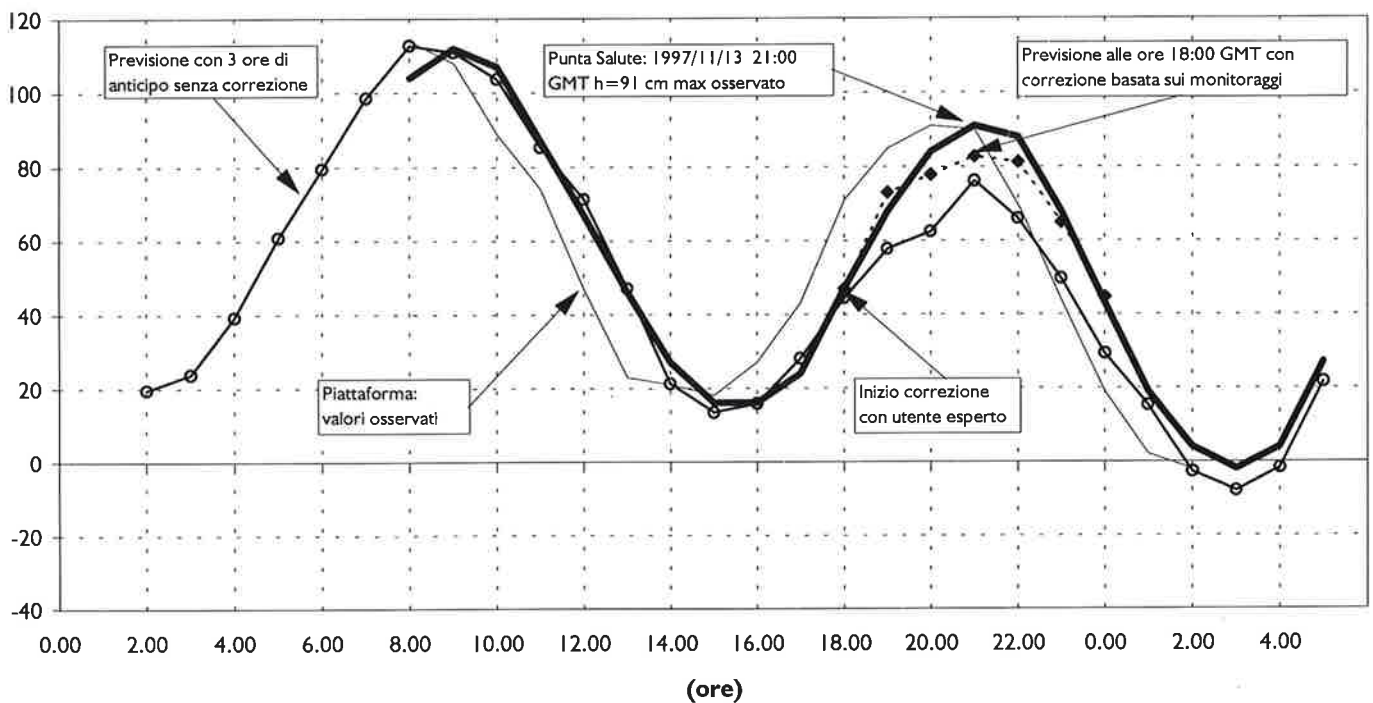


Fig. 9. Livelli massimi maggiori di 80 cm del periodo 14/10/96 - 31/12/98 (Punta della Salute).  
Percentili degli errori di previsione in segreteria telefonica per anticipi di 3 ore

