



**APAT**

Agenzia per la protezione

dell'ambiente e per i servizi tecnici

*Dipartimento Tutela delle Acque Interne e Marine*

*Servizio Laguna di Venezia*

# **Attività conoscitiva per la salvaguardia della Laguna di Venezia I compiti dell'Apat**

---

## **Informazioni legali**

L'Agenzia per la Protezione dell'Ambiente e per i Servizi Tecnici o le persone che agiscono per conto dell'Agenzia stessa non sono responsabili per l'uso che può essere fatto delle informazioni contenute in questo rapporto.

**APAT** - Agenzia per la Protezione dell'Ambiente e per i Servizi Tecnici  
Via Vitaliano Brancati, 48 - 00144 Roma  
[www.apat.it](http://www.apat.it)

© APAT, Rapporti 31/2003

ISBN 88-448-0116-7

Riproduzione autorizzata citando la fonte

## **Elaborazione Grafica**

APAT

*Grafica Copertina:* Franco Iozzoli

## **Foto:**

Dipartimento Tutela delle Acque Interne e Marine  
Servizio Laguna di Venezia  
CNR - Istituto Scienze Marine Venezia

## **Coordinamento tipografico**

APAT

## **Impaginazione e stampa**

Grafiche Ponticelli spa - Castrocielo (Fr)

Stampato su carta TCF

Finito di stampare ottobre 2003

---

---

# ATTIVITA' CONOSCITIVA PER LA SALVAGUARDIA DELLA LAGUNA DI VENEZIA - I COMPITI DELL'APAT

## 1. INTRODUZIONE

La laguna di Venezia, con i suoi 50.000 Ha di estensione, è la più grande e la più importante del nostro Paese. La sua dinamica evolutiva è il frutto di una molteplicità di fattori, naturali ed antropici: l'abbassamento del suolo, naturale e indotto; le oscillazioni del livello del mare, di lungo e di breve periodo; l'apporto di sedimenti fluviali; la dinamica delle acque marine lungo la costa.

L'uomo ha sempre cercato di dominare questi fattori nella prospettiva di rendere il bacino lagunare compatibile con varie attività: la pesca, la navigazione, la difesa militare, lo scambio delle merci, i trasporti e, nell'ultimo secolo, anche la produzione industriale.

Poderosi furono gli interventi della Serenissima per allontanare dal bacino lagunare le foci dei grandi fiumi (il Piave, il Brenta, il Sile, il Po), e per difendere il cordone litoraneo della forza erosiva del mare attraverso la costruzione dei cosiddetti "murazzi", imponenti opere di rinforzo longitudinale in massi lapidei presso l'isola di Pellestrina e il litorale di Sottomarina. Non meno importanti furono gli interventi del XX secolo: la zona industriale, l'aeroporto Marco Polo, lo sviluppo del porto commerciale, la sistemazione delle bocche portuali e il dragaggio dei grandi canali lagunari per adattare la laguna al transito del naviglio di maggiore pescaggio.

E' evidente che tutto ciò impone una speciale sensibilità per il mantenimento del cosiddetto "*buon regime lagunare*" che è facile riconoscere nello speciale *corpus* legislativo che si origina con i primi regolamenti lagunari della Serenissima, si evolve con il Regolamento Austriaco del 1848 e, dopo la costituzione dello stato unitario, perviene alla legge istitutiva del Magistrato alle Acque del 1907 e alla legge 5 marzo 1966 n° 366, ultimo aggiornamento delle norme generali sulla tutela della laguna di Venezia<sup>1</sup>.

Il governo delle acque richiede tuttavia una attenta azione conoscitiva condotta attraverso la raccolta ordinata e metodica delle osservazioni idrografiche sui fiumi, sui bacini, sulla laguna e il mare. Tale compito era stato affidato all'Ufficio Idrografico che, dal 1907, provvedeva alla sistematica osservazione, raccolta elaborazione studio dei dati idrografici e mareografici in tutto il distretto nord orientale comprendente i bacini dei grandi fiumi (Adige, Piave, Tagliamento, Isonzo, ecc.) e le lagune.

A seguito del completamento del riordino dei Servizi Tecnici Nazionali disposto dal Dlgs 112/98, le attività dell'Ufficio Idrografico sono state in parte trasferite alle regioni del Veneto e del Friuli Venezia Giulia secondo competenza territoriale basata sui confini amministrativi.

Sono invece confluiti nell'Agenzia per la Protezione dell'Ambiente e per i Servizi Tecnici (A.P.A.T.) i compiti dell'Ufficio Idrografico riguardanti la laguna di Venezia, tra i quali si ricordano in particolare:

---

<sup>1</sup> Il Magistrato alle Acque fu fondato dalla Serenissima nel 1501 quale organo supremo di governo delle acque. Soppresso in epoca napoleonica, il Magistrato alle Acque venne rifondato dallo stato unitario nel 1907 quale organo decentrato del Ministero dei LL.PP. per il governo delle acque nei fiumi e nelle lagune del Triveneto. La sua competenza è oggi principalmente orientata alle attività di tutela e salvaguardia della laguna di Venezia e la sua struttura risulta incardinata nel Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti.

- 
- l'osservazione sistematica dei livelli di marea e dei parametri che influenzano i fenomeni meteo-marini nella laguna e nell'arco costiero nord-adriatico;
  - il servizio di previsione giornaliera della marea e quello di segnalazione e previsione delle maree eccezionali (*acque alte*) di cui fruiscono tutti i soggetti istituzionali preposti alla salvaguardia lagunare, gli organi di protezione civile, (in relazione al rischio costiero e a quello idraulico alle foci dei grandi fiumi del nord-est), quelli preposti alla navigazione (piloti del porto);
  - l'elaborazione, la validazione e la divulgazione dei dati ed in particolare delle analisi relative alle osservazioni dei fenomeni di marea eccezionale;
  - l'analisi delle serie storiche dei dati di livello marino anche in relazione ai fenomeni di subsidenza ed eustatismo nell'area nord-adriatica;
  - le misure di velocità e di corrente alle bocche lagunari in relazione ai processi di scambio mare-laguna nelle diverse condizioni di marea.

Tali compiti sono oggi attribuiti al Dipartimento Tutela Acque Interne e Marine dell'Agenzia e vengono disimpegnati dal **Servizio per la Laguna di Venezia (SLV)**, unità con sede a Venezia presso Palazzo "X Savi".

La presente comunicazione illustra le principali attività del SLV sottolineando l'importanza che assumono le sistematiche osservazioni sperimentali, la validazione ed l'analisi dei relativi dati in merito alle questioni attinenti l'equilibrio la salvaguardia della laguna.

## 2. LA RETE TELEMAREOGRAFICA DELLA LAGUNA DI VENEZIA (RTLTV)

Il S.L.V. dispone di una rete di 52 stazioni mareografiche distribuite all'interno della Laguna di Venezia e dell'arco costiero Nord-Adriatico (fig. 1). In ogni stazione la rilevazione del livello della marea avviene localmente attraverso un doppio apparato che prevede la registrazione sia su supporto cartaceo che su quello informatico, assicurando con ciò un elevato grado di affidabilità nella qualità del dato acquisito.

Delle predette 52 stazioni, ben 25 sono attrezzate per la trasmissione in tempo reale dei dati mediante apparati di trasmissione/ricezione in ponte radio con le centrali di acquisizione del SLV.

Il sistema delle centrali, delle stazioni di osservazione e dei collegamenti in ponte radio costituisce la Rete Telemareografica della Laguna di Venezia (RTLTV), strumento essenziale per le attività di osservazione, segnalazione e previsione degli eventi meteomarini che interessano la Laguna e l'arco costiero Nord-Adriatico, e in generale per la gestione del sistema idraulico lagunare.

Oltre alle osservazioni sui livelli di marea, la RTLTV rileva anche altri parametri quali la direzione e velocità del vento, la precipitazione, la pressione atmosferica, il moto ondoso lagunare.

Le centrali del SLV sono inoltre strutturate per poter scambiare dati in tempo reale con le centrali relative alle reti delle Regioni (Centri Operativi di Protezione Civile) concorrendo quindi a completare il quadro del monitoraggio idrologico in tutta l'area idrografica triveneta.



Figura 1 – La Rete Telemareografica della Laguna di Venezia e dell’Arco Costiero Nord-Adriatico (RTLTV).

### 3. IL B.G.M. E LA STAZIONE MAREOGRAFICA DI PUNTA DELLA SALUTE

La redazione e la divulgazione del Bollettino Giornaliero della Marea (B.G.M.) è una delle attività del SLV (fig. 2). Il BGM, quotidianamente emesso alle ore 10.00 antimeridiane, si riferisce al mareografo di Punta della Salute ubicato in centro storico veneziano. Il BGM riporta l’andamento di due curve: una è quella relativa alla marea astronomica, che rappresenta le cosiddette condizioni normali di oscillazione del livello marino, e cioè in assenza di vento ed altri fattori perturbativi (sesse); l’altra curva riporta, per il primo tratto, l’andamento del livello misurato fino alle ore 10.00 e, per il secondo tratto, la previsione per le successive 24 ore.

La stazione mareografica di Punta della Salute, che è parte essenziale della RTLTV, ha funzione cosiddetta regolatrice della marea per la città di Venezia e per la laguna. Ciò significa che, in caso di marea eccezionale, dal livello raggiunto o previsto in questa stazione dipendono una serie di misure preventive che vanno dalla messa in esercizio di alcuni presidi idraulici a difesa di centri abitati minori (Malamocco, Cavallino, ecc.), alla regolazione dell’operatività degli impianti idrovori per lo smaltimento delle acque meteoriche dell’immediato entroterra lagunare. Per tale motivo il BGM viene quotidianamente inviato al Magistrato alle Acque, alle Prefetture, al Comune di Venezia, ai Piloti del Porto, ai Carabinieri, ai Vigili del Fuoco e ad alcuni consorzi di bonifica. Il BGM viene inoltre divulgato attraverso gli organi di informazione e viene esposto in apposite postazioni di visualizzazione che il SLV gestisce nei principali punti di transito cittadino (S. Marco, Rialto, P.le Roma). Attraverso un servizio di segreteria telefonica SLV offre inoltre la possibilità a tutti i cittadini di acquisire la previsione della marea indicata dal BGM.

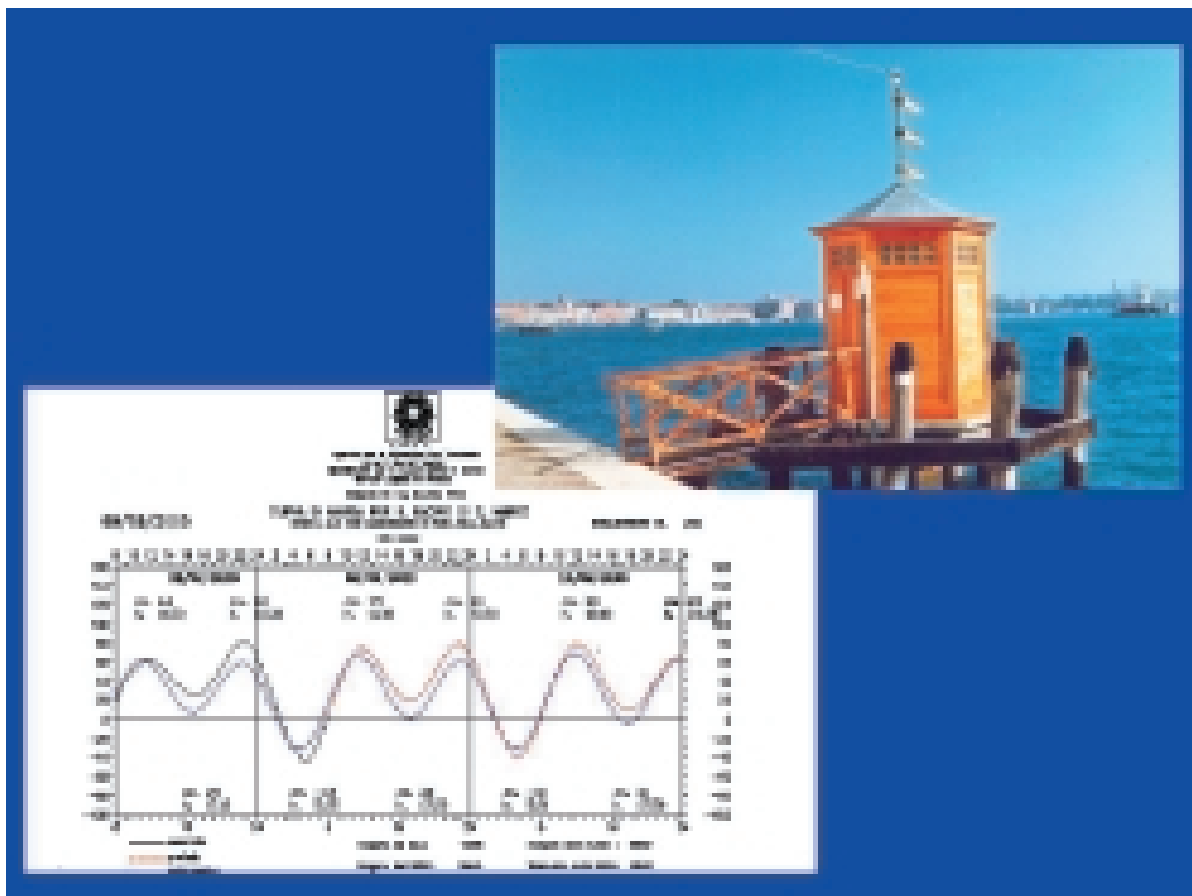


Figura 2. - Stazione Mareografica di Punta della Salute - Bollettino giornaliero della marea

All'approssimarsi delle condizioni favorevoli al fenomeno della marea eccezionale il SLV attiva con continuità il proprio Servizio di Segnalazione e Presidio H24 (SSP) per l'osservazione in tempo reale dei livelli e dei parametri idrometeorologici rilevati tramite la RTLTV. Inoltre, attraverso i collegamenti con le reti regionali è possibile osservare in tempo reale le precipitazioni e i livelli idrometrici presso alcune stazioni del bacino scolante e dei grandi corsi d'acqua che lambiscono il perimetro lagunare (Piave e Brenta-Bacchiglione).

Attraverso gli aggiornamenti in tempo reale dei dati rilevati tramite la RTLTV, e con l'ausilio dei dati del Centro Europeo di Previsione Meteorologica di Reading (ECMRWF - UK) e delle mappe del Servizio Meteorologico Tedesco (Deutscher Wetterdienst - Offenbach), durante il SSP il SLV assicura la costante verifica delle previsioni della marea e i relativi aggiornamenti vengono tempestivamente divulgati mediante l'invio di dispacci ai soggetti preposti per le attività di salvaguardia lagunare, di protezione civile e di navigazione.

La stazione mareografica di Punta della Salute, istituita nel 1923, è altresì importante perché fornisce una delle più lunghe serie di sistematiche osservazioni mareografiche del nostro Paese e in generale del Mediterraneo. Negli anni '60 l'Ufficio Idrografico del Magistrato alle Acque stabilì una correlazione tra i livelli di marea registrati a Punta della Salute e quelli registrati nei decenni precedenti in altri mareografi preesistenti in centro storico veneziano (Campo S. Stefano). Si ottenne così una serie di osservazioni continue ed omogenee che parte dal 1872. È inoltre importante ricordare che il caposaldo di riferimento del mareografo di Punta della Salute coincide, ancora oggi, con il livello medio marino del 1897 e per tale motivo prende il nome di Zero Mareografico di Punta della Salute (Z.M.P.S.). Ciò significa che, se è lecito supporre tale caposaldo solidale con il suolo veneziano, la differenza tra il livello medio marino calcolato oggi a Punta della Salute e il l.m.m. del 1897 fornisce la stima più attendibile dell'abbassamento subito da Venezia in poco più di un secolo. Le più recenti stime indicano che la media decadica di tale abbassamen-

to, valutata in poco meno di 24 cm per l'effetto dei combinato dei fenomeni di eustatismo e di subsidenza, risulta sostanzialmente invariata da circa trent'anni (fig. 3). I livelli di marea misurati alle stazioni di osservazione della RTLV sono tutti riferiti allo Z.M.P.S.

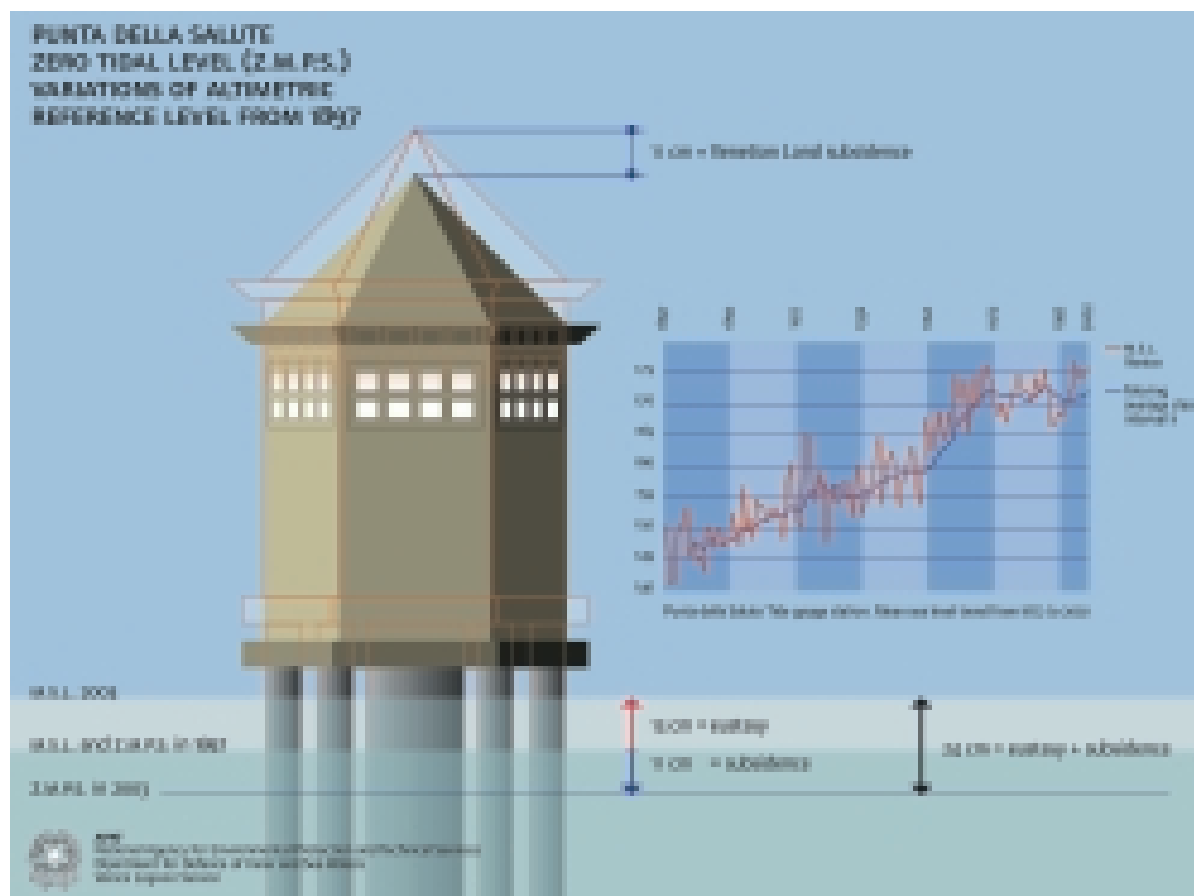


Figura 3 – Zero Mareografico di Punta della Salute (Z.M.P.S.)

#### 4. LE MAREE ECCEZIONALI

Con il termine di "acqua alta" vengono generalmente indicati quei fenomeni di alta marea eccezionale in cui il livello dell'acqua all'interno della laguna supera la soglia dei 110 cm sopra lo Z.M.P.S. Gli effetti più conosciuti connessi a tale fenomeno sono gli allagamenti, più o meno estesi, dei centri abitati lagunari.

I livelli massimi di marea eccezionale si discostano di parecchie decine di centimetri dai più alti valori di alta marea osservabili in condizioni normali (marea astronomica). In tabella I sono riassunti i più elevati casi registrati a Punta della Salute.

1° caso	4 novembre 1966	194 cm
2° caso	22 dicembre 1979	166 cm
3° caso	1 febbraio 1986	158 cm
4° caso	15 gennaio 1867	153 cm
5° caso	12 novembre 1951	151 cm
6° caso	16 aprile 1936	147 cm
7° caso	16 novembre 2002	147 cm
8° caso	15 ottobre 1960	145 cm
9° caso	3 novembre 1968	144 cm
10° caso	6 novembre 2000	144 cm
11° caso	8 dicembre 1992	142 cm
12° caso	17 febbraio 1979	140 cm
13° caso	5 novembre 1967	138 cm
14° caso	26 novembre 1969	138 cm
15° caso	22 dicembre 1981	138 cm
16° caso	24 novembre 1987	138 cm

Tabella II – Massimi livelli di marea a Venezia – Punta della Salute.

I fenomeni di acqua alta sono legati al passaggio di profondi campi di bassa pressione a sud dell'arco alpino e alla conseguente persistenza di venti da sud-est su tutto l'Adriatico. L'effetto primario è l'insaccamento della massa d'acqua verso il litorale adriatico settentrionale, con conseguente interessamento dei bacini lagunari e delle foci dei grandi corsi d'acqua dell'Italia settentrionale, quali il Po, l'Adige e i fiumi Triveneti. Di norma l'effetto primario, a prevalente componente meteorologica, innesca fenomeni di sessa di cui quello più significativo è rappresentato da un'onda lunga, con periodo di circa 22 ore, in oscillazione secondo l'asse longitudinale dell'Adriatico in direzione sud-est/nord-ovest. Lo scostamento tra l'andamento della marea osservata e la corrispondente marea astronomica viene generalmente indicato con il termine di sovrizzo (*storm surge rise*) e raccoglie quindi il contributo di tutti gli effetti (meteorologici e sessa) che caratterizzano il fenomeno.

L'APAT – Servizio Laguna di Venezia, analogamente ai compiti già attribuiti all'Ufficio Idrografico ed in collaborazione con il CNR – Istituto Scienze Marine di Venezia e con il Centro Previsioni e Segnalazioni Maree del Comune di Venezia, provvede, sulla base dei dati osservati, all'aggiornamento periodico delle principali costanti di marea relative per la stazione di Punta della Salute. Ciò da quindi luogo alla tradizionale pubblicazione annuale delle tavole di previsione astronomica della marea per Venezia.

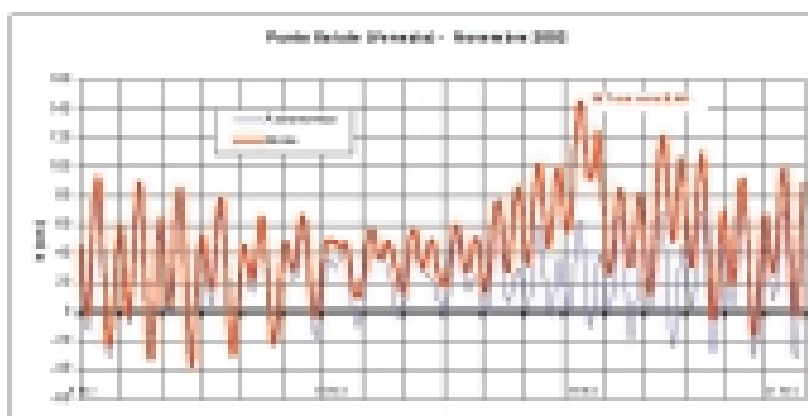


Figura 4 – Evento di marea eccezionale del 16 novembre 2002. Registrazione del livello di marea a Punta della Salute e andamento della previsione astronomica.



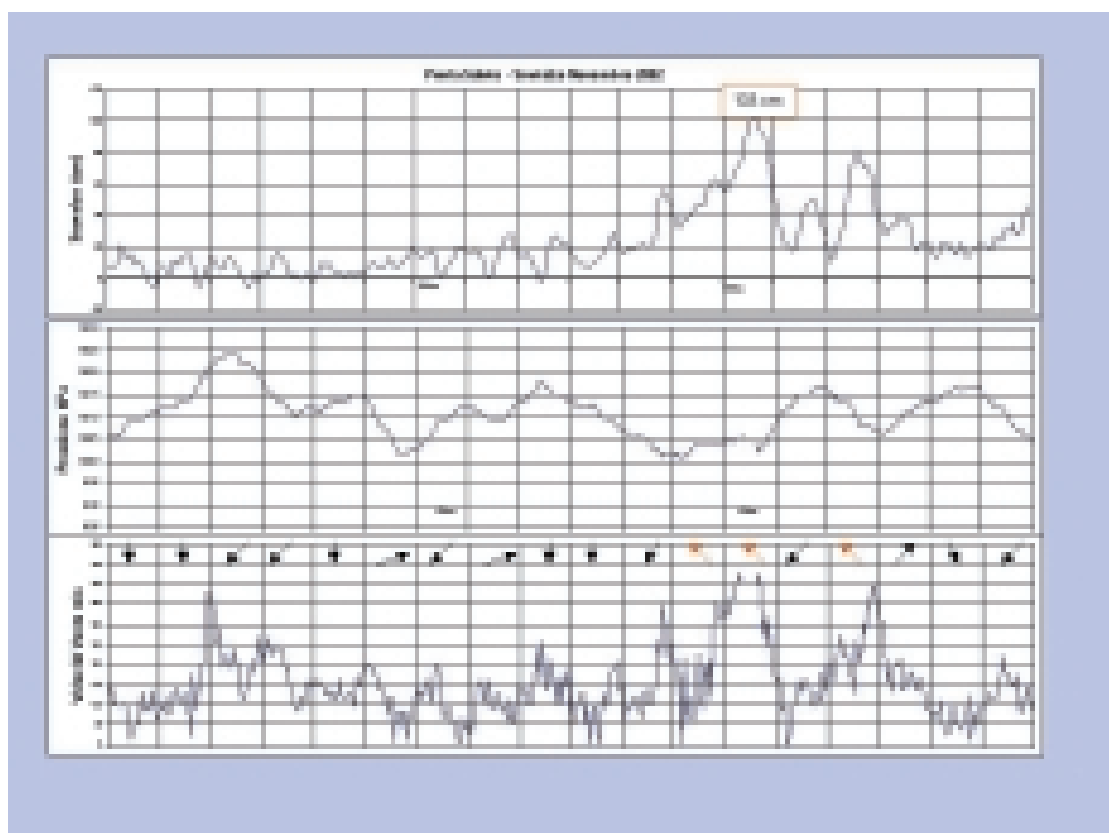


Figura 5 – Evento di marea eccezionale del 16 novembre 2002. Andamento del sovralzso e registrazione dei valori di pressione atmosferica e dei parametri di vento a Venezia.

Nelle figure 4 e 5 sono riportati l'andamento della marea (reale ed astronomica) e il relativo sovralzso registrato sempre a Punta della Salute durante l'evento del 16 novembre 2002 (7° caso storico), nonché i corrispondenti andamenti della pressione atmosferica, della velocità e direzione del vento registrati a Venezia.

## 5. L'ANALISI DEI DATI RELATIVI ALLE MAREE ECCEZIONALI

Il livello di Punta della Salute non è tuttavia sufficiente a rappresentare la situazione del bacino lagunare durante gli eventi di marea eccezionale. Altri fattori di criticità derivano, ad esempio, dal vento la cui azione forzante sulla superficie acquea lagunare può provocare considerevoli effetti di insaccamento (*wind setup*) a ridosso delle estremità meridionali o settentrionali a seconda che la direzione di provenienza sia da nord-est (bora) o da sud-est (scirocco). Ne consegue che, per effetto del cosiddetto *vento locale*, nei principali centri abitati, come Chioggia in laguna sud o Burano in laguna nord, si possono osservare livelli massimi di marea sensibilmente differenti rispetto a quelli registrati a Venezia.

L'analisi dei dati raccolti tramite la RTLTV ha posto in luce che i gradienti di livello che, per effetto del vento locale, si possono instaurare tra le varie parti della laguna e, soprattutto tra la laguna e il mare (e viceversa), generano condizioni idrodinamiche asimmetriche alle bocche. Durante l'evento dell'8 dicembre 92, con vento locale dai quadranti di nord-est (bora), si sono osservate fasi del fenomeno, della durata di alcune ore, durante le quali la marea entrava dalla bocca di Lido e, nello stesso tempo, usciva da quella di Chioggia; viceversa con vento locale dai quadranti meridionali (scirocco), tale asimmetria delle bocche, seppure evidente, sembrerebbe più attenuata come nel caso dell'evento del 6 novembre 2000.

Successivi approfondimenti effettuati in collaborazione con il CNR - Istituto per le Scienze Marine, hanno

confermato tali singolarità anche mediante l'impiego di più sofisticate metodologie di calcolo basate sull'impiego di un modello matematico bidimensionale del tipo agli elementi finiti (figure 6, 7 e 8).

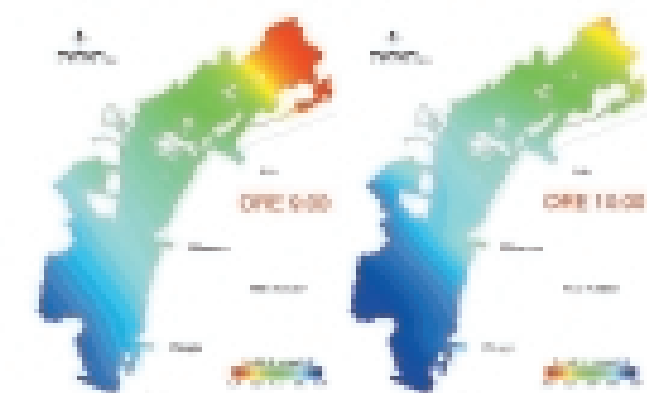


Figura 6 - Evento di acqua alta dell'8 dicembre 1992. Effetti di insaccamento con vento locale proveniente dai quadranti di nord-est (bora).

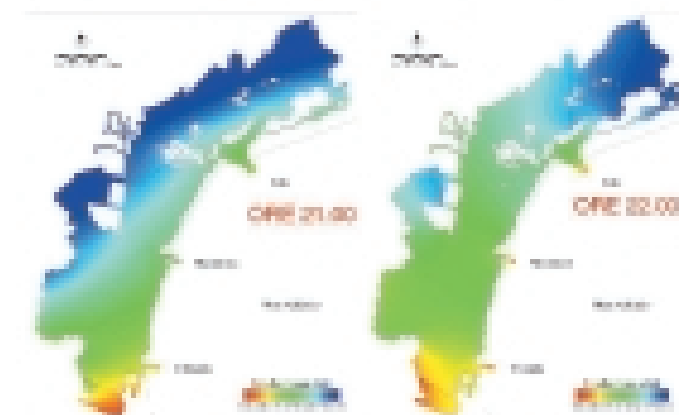


Figura 7 - Evento di acqua alta dell'6 novembre 2000. Effetti di insaccamento con vento locale proveniente dai quadranti di sud-est (scirocco).



Figura 8 - Analisi delle maree eccezionali. Effetti del vento locale. Asimmetrie idrodinamiche alle bocche di porto.

## 6. LE MISURE CORRENTOMETRICHE E GLI SCAMBI MARE-LAGUNA.

Le asimmetrie idrodinamiche riscontrate alle bocche di porto nel corso di alcuni particolari eventi di acqua alta come appunto quelli dell'8 dicembre 92 e del 6 novembre 2000, hanno dato lo spunto ad ulteriori approfondimenti sperimentali sugli scambi mare-laguna.

Nel corso del 2002, l'Ufficio Idrografico e il CNR – Istituto per lo Studio della Dinamica delle Grandi Masse di Venezia (oggi Istituto per le Scienze Marine) hanno avviato una prima serie di rilievi allo scopo di mettere a punto una metodologia di misura basata sull'impiego dei moderni profilatori del tipo ADCP (*Acoustic Doppler Current Profiler*).

Lo strumento è stato impiegato in differenti condizioni idrodinamiche, morfologiche ed ambientali e, in generale, il dispositivo ADCP ha rivelato un grado di precisione paragonabile a quello relativo agli strumenti tradizionalmente impiegati nelle misure correntometriche.

Il profilatore è stato utilizzato secondo due differenti modalità di impiego in dipendenza della profondità degli scandagli: Modo 1 (*general profiling*) per la parte centrale e più profonda del canale; Modo 5 per le parti laterali e meno profonde della sezione (*shallow water profiling*). Il metodo prevede il movimento del sensore in senso trasversale alla corrente, da una sponda all'altra della sezione di misura (trasetto). Il profilatore è stato installato a bordo di un natante a fondo piatto di piccole dimensioni che ha percorso a bassa velocità (inferiore a 1 m/s) la sezione di misura relativa alla bocca di Lido (fig. 9). Questa installazione ha consentito generalmente di acquisire, con una scansione temporale costante, il profilo verticale di velocità fino alle estremità della sezione.

Figura 9 - Misure di portata e di velocità alla bocca di Lido mediante l'impiego di profilatore acustico (ADCP).

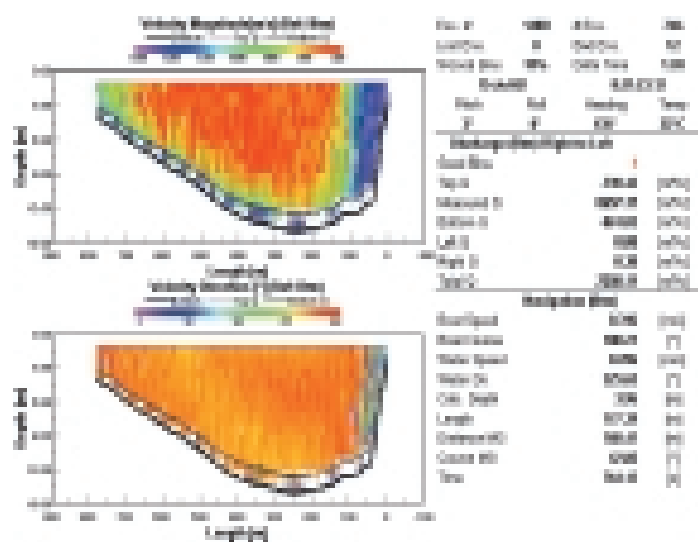
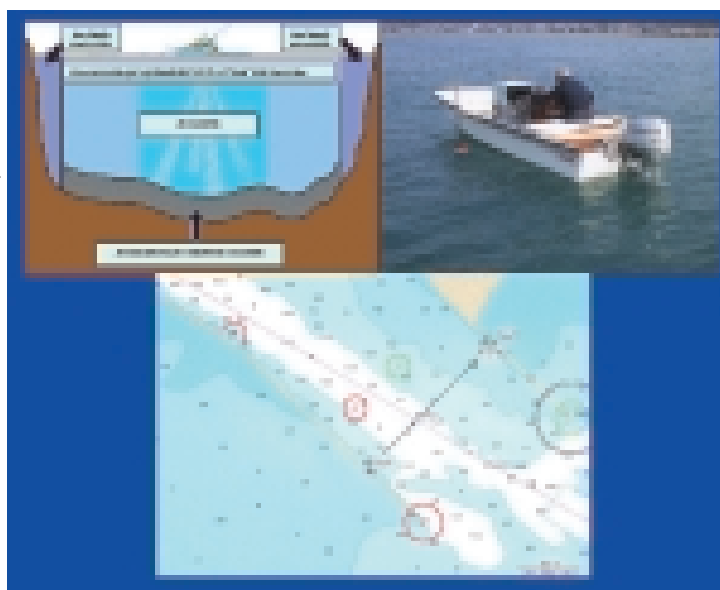


Figura 10. Configurazione del campo di velocità e dati riassuntivi delle acquisizioni ottenute in corrispondenza della Bocca di Lido. Trasetto n. 30. (Modo 1 - general profiling)

I valori di velocità vengono restituiti per "celle" aventi dimensioni verticali, pari alla dimensione impostata dall'operatore, e orizzontali dipendenti dalla velocità del natante sul quale lo strumento è installato (fig. 10).

L'imbarcazione ha eseguito in sequenza i rilievi nei due tratti della sezione di misura completando ogni singolo transetto in circa 15 minuti. Al fine di assicurare la ripetibilità dei percorsi e quindi delle misure (profili di corrente riferibili con buona approssimazione ai medesimi punti sulla sezione) gli spostamenti sono stati assistiti da un dispositivo GPS dotato di plotter cartografico che ha consentito di controllare con sufficiente precisione la rotta e la velocità del natante.

In tabella II sono riportati i valori della portata misurati durante la campagna effettuata nei giorni 17-18-19 settembre 2002. Per ciascun transetto sono riportati i valori della portata misurata (MeasQ), delle portate stimate per le estremità sinistra e destra (LeftQ, RightQ) e per le zone di blanking in superficie e al fondo (TopQ, BottQ) nei due tratti Nord e Sud della sezione.

La colonna di destra (TotQ) riporta la portata totale determinata per ciascun transetto dove con il segno negativo vengono indicate le fasi di riflusso della marea, e cioè quando l'acqua va dalla laguna verso il mare. Il valore massimo di portata misurata in fase uscente è stato di 7356 m<sup>3</sup>/s (transetto n° 30); il massimo di portata misurata in fase entrante è stato invece di 6352 m<sup>3</sup>/s (transetto n° 41).

Data	Tratto Nord (Modo 5)					Tratto Sud (Modo 1)				
	N. Trans.	LeftQ	MeasQ	TopQ	BottQ	MeasQ	TopQ	BottQ	RightQ	TotQ
17/09/2002	1	0.4	73.6	13.5	8.0	17.4	16.6	11.4	0.7	<b>141</b>
17/09/2002	2	0.6	97.3	17.1	9.2	543.8	66.7	63.8	0.7	<b>799</b>
17/09/2002	3	0.4	97.0	17.5	9.5	1756.0	182.6	190.7	2.0	<b>2256</b>
17/09/2002	4	1.1	88.9	15.9	8.2	2207.9	231.4	239.3	2.1	<b>2795</b>
17/09/2002	5	0.1	31.8	7.6	5.0	3356.5	440.9	538.9	1.5	<b>4382</b>
17/09/2002	6	0.2	23.2	6.2	4.4	3007.9	389.7	466.5	2.3	<b>3900</b>
17/09/2002	7	0.0	9.4	2.2	1.3	2858.9	365.1	430.5	2.0	<b>3669</b>
17/09/2002	8	-0.1	7.3	1.7	1.3	2158.9	292.2	354.1	1.8	<b>2817</b>
17/09/2002	9	-0.3	-26.9	-7.2	-5.0	2186.8	270.1	331.5	1.7	<b>2751</b>
17/09/2002	10	-0.3	-50.5	-14.3	-9.9	79.7	5.5	6.9	-0.2	<b>17</b>
17/09/2002	11	-0.4	-33.5	-8.7	-6.8	-180.2	-34.1	-37.1	0.4	<b>-300</b>
18/09/2002	12	0.1	-31.3	-6.3	-5.3	-3169.8	-416.8	-500.5	-1.0	<b>-4131</b>
18/09/2002	13	0.3	-1.0	0.5	0.0	-2807.2	-365.9	-441.5	-1.5	<b>-3616</b>
18/09/2002	14	0.4	13.0	3.6	2.7	-1748.7	-221.0	-268.8	0.1	<b>-2219</b>
18/09/2002	15	0.9	43.8	11.7	8.3	-1278.1	-147.6	-180.2	-1.2	<b>-1542</b>
18/09/2002	16	0.7	86.7	21.0	17.7	1328.4	194.4	221.8	1.8	<b>1872</b>
18/09/2002	17	0.6	107.7	25.7	20.1	1837.0	285.2	315.3	1.5	<b>2593</b>
18/09/2002	18	0.5	94.2	23.6	19.3	2834.3	393.7	464.5	0.9	<b>3831</b>
18/09/2002	19	0.3	51.5	14.1	12.7	4298.7	562.9	655.7	1.5	<b>5597</b>
18/09/2002	20	0.0	45.0	11.8	9.1	4182.5	552.5	672.3	1.6	<b>5475</b>
18/09/2002	21	0.0	19.1	5.4	4.3	3339.5	433.4	519.7	1.5	<b>4323</b>
18/09/2002	22	-0.3	-2.0	-1.2	-0.6	3224.4	426.1	532.2	1.8	<b>4180</b>
18/09/2002	23	-0.2	-18.2	-5.8	-4.6	2274.3	295.2	351.5	1.8	<b>2894</b>
18/09/2002	24	-0.4	-44.9	-12.8	-10.4	2110.0	258.8	307.5	1.2	<b>2609</b>
18/09/2002	25	-0.2	-79.7	-22.1	-17.5	212.1	9.4	11.2	-0.5	<b>113</b>
18/09/2002	26	-0.4	-57.9	-15.5	-12.5	-271.1	-48.8	-53.0	-0.1	<b>-459</b>

Data	Tratto Nord (Modo 5)					Tratto Sud (Modo 1)				
	N. Trans.	LeftQ	MeasQ	TopQ	BotQ	MeasQ	TopQ	BotQ	RightQ	TotQ
18/09/2002	27	0.0	-71.3	-19.0	-16.8	-2067.4	-292.8	-367.0	-2.7	<b>-2837</b>
18/09/2002	28	-0.5	-89.0	-21.0	-17.1	-2603.8	-372.9	-438.2	-1.8	<b>-3544</b>
19/09/2002	29	-0.1	-89.3	-19.9	-13.1	-5467.2	-639.8	-861.5	0.4	<b>-7091</b>
19/09/2002	30	0.1	-73.3	-14.7	-9.7	-5657.2	-739.4	-861.8	0.3	<b>-7356</b>
19/09/2002	31	0.1	-66.1	-13.7	-8.6	-5667.5	-659.0	-859.2	1.7	<b>-7272</b>
19/09/2002	32	0.3	-51.8	-9.8	-6.6	-5636.5	-735.1	-861.1	1.9	<b>-7299</b>
19/09/2002	33	0.3	-53.4	-10.6	-6.5	-5408.5	-712.9	-819.6	-0.7	<b>-7012</b>
19/09/2002	34	0.4	-11.7	-1.2	-0.7	-5197.0	-686.6	-806.3	-1.2	<b>-6704</b>
19/09/2002	35	0.5	-12.6	-1.1	-1.1	-4233.2	-566.7	-672.5	1.1	<b>-5486</b>
19/09/2002	36	0.4	-18.9	-2.1	-2.4	-4070.6	-537.1	-617.4	0.9	<b>-5247</b>
19/09/2002	37	0.5	15.1	4.1	3.7	-2609.4	-347.3	-402.5	1.3	<b>-3335</b>
19/09/2002	38	0.9	48.5	12.3	8.6	-2204.4	-290.3	-330.9	1.3	<b>-2754</b>
19/09/2002	39	0.5	37.1	10.2	8.3	194.4	18.3	22.6	1.6	<b>293</b>
19/09/2002	40	0.5	45.3	11.4	8.6	823.0	115.5	133.7	1.5	<b>1139</b>
19/09/2002	41	0.3	77.1	19.9	12.7	4854.0	631.6	754.3	1.9	<b>6352</b>
19/09/2002	42	0.3	60.4	16.2	11.5	4835.7	633.6	756.1	1.9	<b>6316</b>
19/09/2002	43	0.1	48.6	13.0	8.4	4254.9	584.0	685.9	2.2	<b>5597</b>
19/09/2002	44	0.0	38.1	10.6	7.6	4120.2	538.5	656.5	1.7	<b>5373</b>
19/09/2002	45	0.2	23.0	6.8	4.5	3172.1	415.4	497.4	2.5	<b>4122</b>
19/09/2002	46	-0.2	10.1	1.4	0.9	3014.6	397.5	473.7	2.9	<b>3901</b>
19/09/2002	47	-0.4	-21.1	-6.6	-3.7	1443.6	180.8	217.2	0.8	<b>1811</b>
19/09/2002	48	0.0	-41.6	-11.5	-8.7	1063.2	123.1	156.3	1.6	<b>1282</b>
19/09/2002	49	-0.1	-46.1	-13.3	-8.6	50.3	-7.7	-7.0	-0.4	<b>-33</b>
19/09/2002	50	-4.0				-314.8	-87.3	-95.7	-0.4	<b>-502</b>
19/09/2002	51	-6.0				-1154.4	-199.6	-233.1	-1.3	<b>-1594</b>
19/09/2002	52	-1.5				-1753.0	-285.1	-320.0	-1.1	<b>-2361</b>

Tabella II. - Valori della portata misurati durante la campagna di misura 17-18-19/SETT/2002

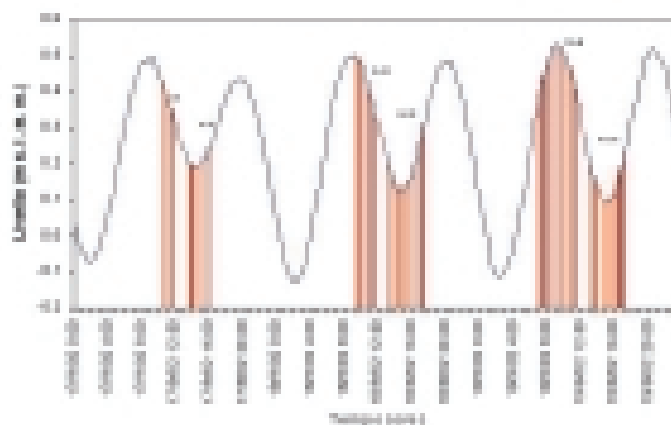


Fig. 11 - Livello di marea registrato alla stazione mareografica di Lido Diga Sud della RTL. I tempi sono indicati secondo l'ora solare mentre le barre verticali e la numerazione rappresentano i transetti effettuati con l'ADCP.

In figura 11 viene riportato l'andamento della marea registrato presso la stazione Mareografica di Lido Diga Sud durante l'esecuzione delle misure e la collocazione temporale dei transetti.

Attraverso l'integrazione delle misure effettuate con i dati analoghi acquisiti nel corso di altre indagini parallele, è stata quindi studiata la possibilità di individuare una relazione semi-empirica che lega ogni singola misura di portata ad una grandezza caratteristica da registrare agevolmente in continuo, per esempio la velocità media in corrispondenza di una prescelta verticale del transetto. In fig. 12 è rappresentata la retta di regressione fra i dati di portata ottenuti dai transetti eseguiti con il profilatore acustico nel Modo 1 e la velocità media lungo il profilo verticale calcolata dai dati registrati da un altro profilatore ADCP alloggiato in posizione fissa al fondo del canale. In rosso sono indicati i dati ottenuti nella campagna di misura del 17-19 Settembre 2002, mentre in blu sono indicati i dati delle campagne di misura effettuate nell'ambito di uno studio parallelo promosso da Consorzio Ricerche Lagunari (CO.RI.LA) ed eseguito con il concorso dello stesso CNR-ISDGM Venezia e dell'Istituto Nazionale di Oceanografia e Geofisica Sperimentale di Trieste (OGS).

Figura 12. - Grafico di regressione fra i dati di portata e la velocità media lungo il profilo verticale calcolata dai dati registrati dallo strumento fisso al fondo del canale.

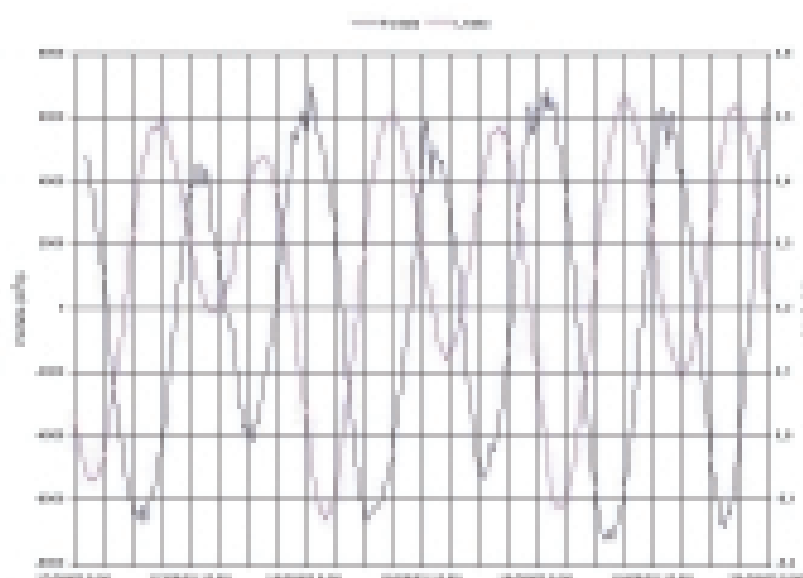
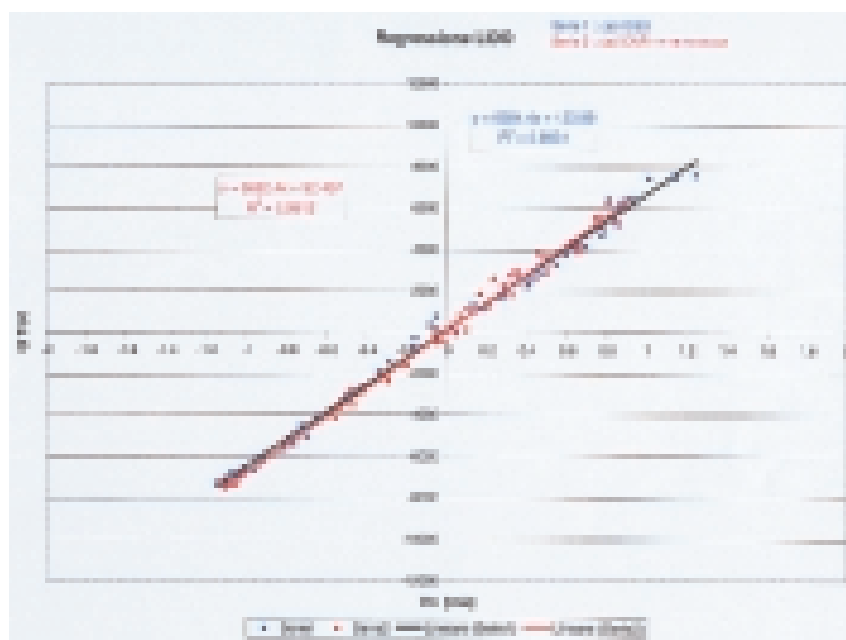


Figura 13 - Andamento dei valori della portata idrica calcolati alla bocca di Lido e andamento delle corrispondenti altezze di marea registrate alla stazione mareografica di Lido Diga Sud.

---

In figura 13 è stato ricostruito l'andamento delle portate alla bocca di Lido durante i giorni in cui è stata effettuata la campagna di misure raffrontato con l'andamento del livello di marea registrato alla stazione mareografica di Lido Diga Sud. I valori di portata sono stati calcolati utilizzando la predetta retta di regressione e la velocità media lungo il profilo verticale calcolata dalla serie di dati acquisiti nel periodo corrispondente dal profilatore acustico installato al fondo.

La campagna di misure effettuata rappresenta un primo passo nella sperimentazione dei profilatori acustici per il rilievo delle portate e delle velocità alle bocche lagunari. Va però sottolineato che i risultati acquisiti valgono per condizioni di marea normale, cioè in assenza di fenomeni di sessa e delle azioni perturbative di origine meteorologica. L'obiettivo più ambizioso resta quello di poter spingere la sperimentazione dei profilatori acustici per la misura delle velocità e delle portate alle bocche in condizioni di marea quanto più possibile prossime a quelle tipiche dei fenomeni di "acqua alta". Ciò nella prospettiva di potere ancora verificare la buona precisione ed attendibilità delle misure e quindi eventualmente studiare un tipo di correlazione tra un parametro di riferimento, facilmente misurabile in continuo anche in condizioni di marea eccezionale, con i corrispondenti valori di portata.

## 7. CONCLUSIONI.

La laguna di Venezia si presenta oggi come un delicato segmento ambientale marcatamente segnato dalla presenza dell'uomo. L'Agenzia per la Protezione dell'Ambiente e per i Servizi Tecnici ha raccolto l'eredità dell'Ufficio Idrografico che, nel corso della sua più che ottuagenaria storia, ha prodotto contributi fondamentali per lo studio e la conoscenza dei delicati assetti dell'equilibrio lagunare. E ciò attraverso quell'informazione coordinata di base fatta di osservazioni capillari e sistematiche, rilievi, cartografie ed elaborazioni che, ancora oggi, rappresentano il fondamento per studi ed interventi sulla laguna.

L'APAT, che è dotata di autonomia tecnica, scientifica, organizzativa e finanziaria, è oggi in grado di rinnovare l'impegno dell'Ufficio Idrografico al fine di dare continuità e sviluppo alle attività conoscitive di base; e ciò sia attraverso il potenziamento delle proprie dotazioni strumentali, sia attraverso la sperimentazione di nuove metodologie di indagine, sia ancora attraverso nuove e più avanzate forme di collaborazione con tutti i soggetti istituzionali operanti nell'ambito tecnico e scientifico.

In tal senso sono state già avviate ulteriori attività con il CNR – Istituto di Scienze Marine di Venezia per la prosecuzione della sperimentazione della metodologia di misura mediante profilatore ADCP da utilizzare anche per il rilievo dei parametri di trasporto solido.

Sempre sul medesimo tema sono previsti nuovi approfondimenti attraverso le attività incluse in una convenzione recentemente stipulata tra l'APAT – Servizio Laguna di Venezia e il Magistrato alle Acque per la messa a punto di una procedura di calcolo della variazioni del volume invasato nella laguna basata sulle osservazioni in tempo reale dei dati di marea attraverso la RTLTV.

---

## Bibliografia

Ministero dei Lavori Pubblici. *Magistrato alle Acque - Lineamenti di storia del governo delle acque venete*. DEI s.r.l. - Tipografia del Genio Civile, Roma 2001.

D. Melaku Canu, G. Umgiesser, N. Bonato, M. Ferla. *Analysis of the circulation of the lagoon of Venice under sirocco wind conditions*. Scientific Research and Safeguarding of Venice - CORILA Research Program 2001 Results (pp515- 530). IVSSLLAA - CORILA, Venezia 2002

N. Bonato, G. Egiatti, M. Ferla, M. Filippi. *Tidal Observations in the Venetian Lagoon. Update on sea level change from 1872 to 2000*. Proceedings of final workshop on "Sea level in Europe: Observation, Interpretation and Exploitation". Dubrovnik (Croatia), 19 – 21 september. 2001;

N. Bonato, M. Ferla, G. Umgiesser, G. Zen. *L'evento di acqua alta del 6/11/2000 in Laguna di Venezia. Approfondimenti e confronti sugli effetti di circolazione indotti dal vento*. Atti dei Convegni Lincei - XIX Giornata dell'Ambiente. Convegno "Il Dissesto Idrogeologico: Inventario e Prospettive", Roma 5 giugno 2001;

M. Ferla, A. Rusconi, G. Zen. *Indagine sperimentale sui cicli di invaso e di svaso nella laguna di Venezia in condizioni meteo avverse*. Atti dei Convegni Lincei - XVII Giornata dell'Ambiente. Convegno "Venezia: città a rischio". Roma 4 giugno 1999;

CNR - Istituto per le Scienze Marine - Sede di Venezia. - *Misure di trasporto alla bocca di Porto di Lido - Rapporto di campagna (settembre 2002)*.