



**ISPRA**

Istituto Superiore per la Protezione  
e la Ricerca Ambientale

*Dipartimento Tutela Acque Interne e Marine  
Servizio Laguna di Venezia*

# **Gli eventi meteo-marini di gennaio e febbraio 2014 nel Nord Adriatico**

**Monitoraggio, analisi, previsione e comunicazione**

***Elisa Coraci, Franco Crosato***

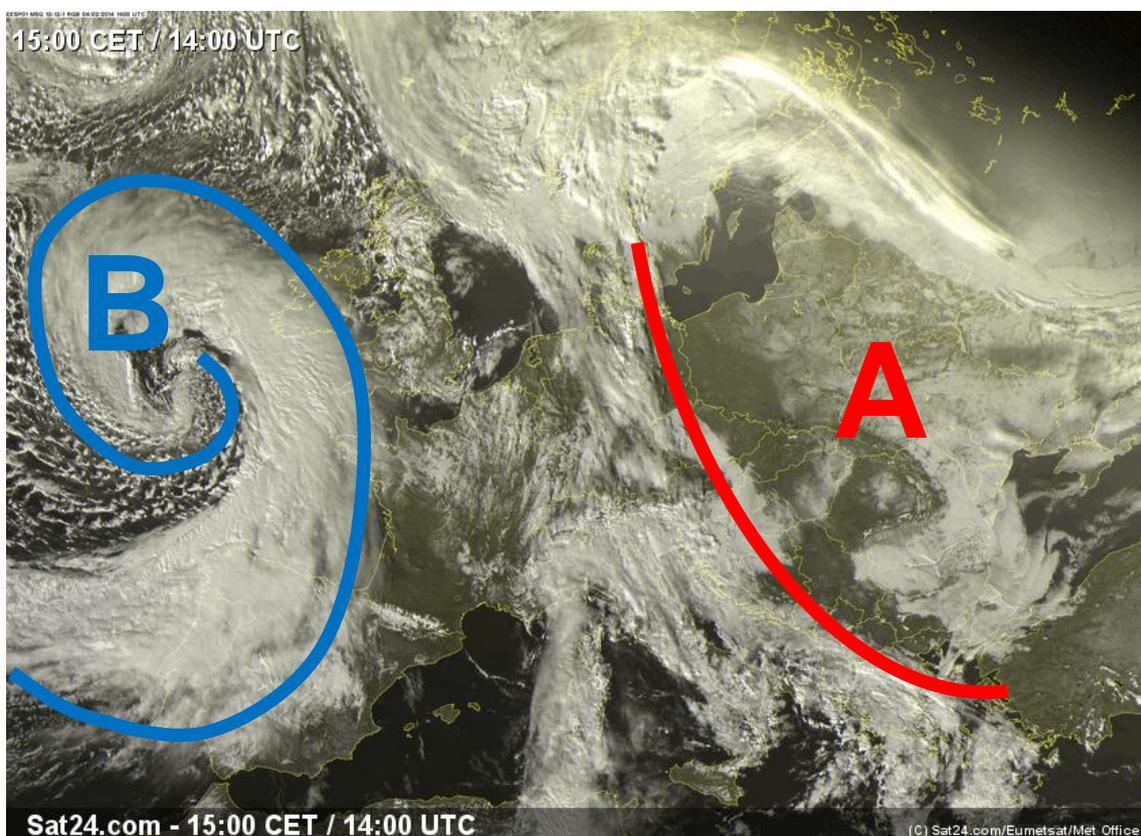
Castello, 4665 - 30122 Venezia  
Tel: 041 5220555 / 5235895 - Fax: 041 5220521  
Segreteria previsione di marea: 041 5202027 / 5202083  
e-mail: [venezia@isprambiente.it](mailto:venezia@isprambiente.it)  
[www.venezia.isprambiente.it](http://www.venezia.isprambiente.it)

## ***Gli eventi meteo-marini di gennaio e febbraio 2014 nel Nord-Adriatico***

Il presente documento costituisce l'analisi della situazione meteo-mareografica registrata tra la fine di gennaio e la prima decade di febbraio 2014 nelle lagune e lungo il litorale alto Adriatico. Il rapporto è stato redatto sulla base dei dati raccolti attraverso il Sistema Nazionale di Monitoraggio Meteo Marino, gestito da ISPRA, costituito dalla Rete Ondametrica Nazionale (RON), dalla Rete Mareografica Nazionale (RMN) e dalla Rete Mareografica della Laguna di Venezia e del litorale Alto Adriatico (RMLV), nonché sulla base delle elaborazioni modellistiche prodotte dal Servizio Laguna di Venezia per la previsione delle condizioni della marea presso le principali stazioni della RMLV.

### **Situazione meteorologica**

L'inverno 2013-14 sarà ricordato in Italia per i suoi caratteri di mitezza e precipitazioni straordinarie, e le regioni del Nord-Est certo non sfuggono a questa caratterizzazione generale. La responsabilità di tali singolarità è da attribuirsi principalmente al permanere di una configurazione meteorologica bloccata a scala molto più ampia. Nel corso dei primi mesi del 2014, in alto Atlantico a Nord-Ovest dell'Europa hanno stazionato a ripetizione poderose strutture depressionarie di origine islandese, causa delle ripetute violente tempeste tra Francia settentrionale e Isole Britanniche. Nello stesso periodo, ad Est si è assistito al permanere di promontori di alta pressione tra Balcani, Mar Nero e Russia europea, il cosiddetto *orso siberiano*.



**Figura 1** - Struttura depressionaria atlantica (B) e alta russo-siberiana (A) del 4 febbraio 2014. Fonte: sat24.com

---

Questa configurazione atmosferica (figura 1), insolitamente stabile per il periodo invernale, ha caratterizzato la situazione meteorologica dell'intero continente europeo per quasi due mesi continuativi, rendendolo totalmente orfano dell'onda azzorriana.

I fenomeni occorsi tra la fine di gennaio e la prima decade di febbraio 2014 sono la conseguenza di questa situazione meteorologica che nel Nord-Est ha causato abbondanti e persistenti precipitazioni (anche nevose) in montagna e in pianura, nonché mareggiate lungo la costa ed alte maree, quasi eccezionali, nelle lagune. Numerosi sono stati i casi di dissesto idrogeologico registrati sul territorio, anche con allagamenti in pianura e diffusi fenomeni di erosione lungo i litorali.

### **Lungo la costa adriatica**

Nel periodo oggetto di analisi, la penisola italiana si è trovata in posizione intermedia tra queste figure bariche dominanti, in balia quindi di continui flussi d'aria mite e umida dal terzo quadrante (SO-S), caratteristici più dell'autunno che del pieno inverno. Vista la complessità e la singolarità della situazione meteorologica che ha portato al verificarsi degli eventi più severi, appare utile focalizzare l'attenzione su un periodo ristretto che va dall'ultima settimana di gennaio alla prima decade di febbraio.

In figura 2 viene proposto l'andamento della pressione atmosferica misurata presso tre stazioni della RMN poste in corrispondenza rispettivamente della parte settentrionale, centrale e meridionale della costa adriatica. Intorno al 27 gennaio, a seguito del sopracitato blocco anticiclonico ad Est e di quello ciclonico ad Ovest, lungo l'Adriatico si assiste al passaggio di una prima perturbazione contraddistinta da un crollo barico contemporaneo nelle tre stazioni in esame. A seguito di una discesa barica non omogenea nelle diverse parti del bacino, dal giorno successivo (28 gennaio) prende forma un differenziale barico positivo tra la parte settentrionale e quella centro-meridionale. Questa situazione pressoria porta all'insorgere di venti da Ovest nella parte centro-meridionale del bacino di intensità superiore agli 8 m/s, mentre nella parte alta dell'Adriatico si assiste allo spirare di venti dal primo quadrante di intensità superiore ai 10 m/s, con picchi intorno ai 15 m/s (figura 3). All'interno del periodo analizzato (26 gennaio - 12 febbraio), il 28 gennaio è da considerarsi praticamente l'unico momento in cui la parte alta dell'Adriatico misura pressioni superiori al resto del bacino. Infatti, nel rimanente periodo sarà Otranto a far registrare i valori barici maggiori.

Se analizziamo ora il clima ondoso (figura 4), nella giornata del 28 nel bacino centro-meridionale si registrano onde con altezza significativa di una certa entità ( $\geq 1$  m) provenienti dal secondo quadrante (direzione diversa da quella da cui spira il vento), mentre in alto Adriatico si registrano onde con altezza significativa superiore a 1.5 m di provenienza dal primo quadrante (medesima del vento).

Dalla metà del 28 gennaio, la pressione lungo tutto l'Adriatico inizia a risalire quasi uniformemente, recuperando in circa 24 ore ben più di 10 hPa, con picchi di 17 hPa al Sud (Otranto). Dalla metà del giorno 29, nella porzione centro-settentrionale del bacino la pressione comincia a stabilizzarsi intorno ai 1008-1010 hPa, mentre in quella meridionale continua a crescere fino ad attestarsi intorno ai 1016-1018 hPa. Permane quindi ancora un differenziale barico, presente fino alla metà del 2 febbraio, che è la

causa, nei giorni 29-30-31 gennaio, del richiamo di venti umidi dal secondo quadrante lungo l'asse longitudinale del bacino. Come appare evidente in figura 4, il moto ondoso registrato tra il 30 gennaio ed il 3 febbraio indica la comparsa di onde da SE, con picchi di altezza d'onda significativa appena inferiore ai 4 metri in centro Adriatico il 31 gennaio.

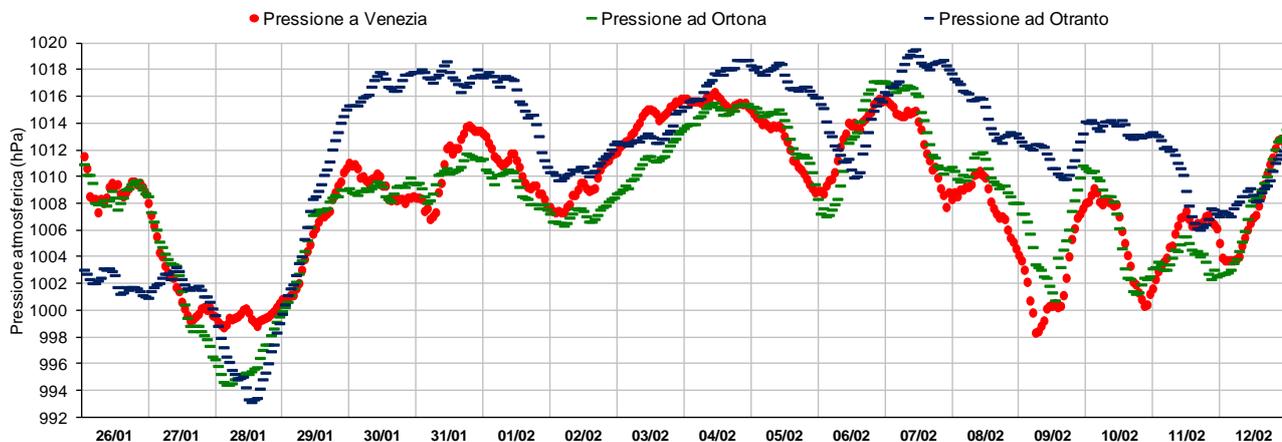


Figura 2 - Pressione atmosferica lungo la costa adriatica

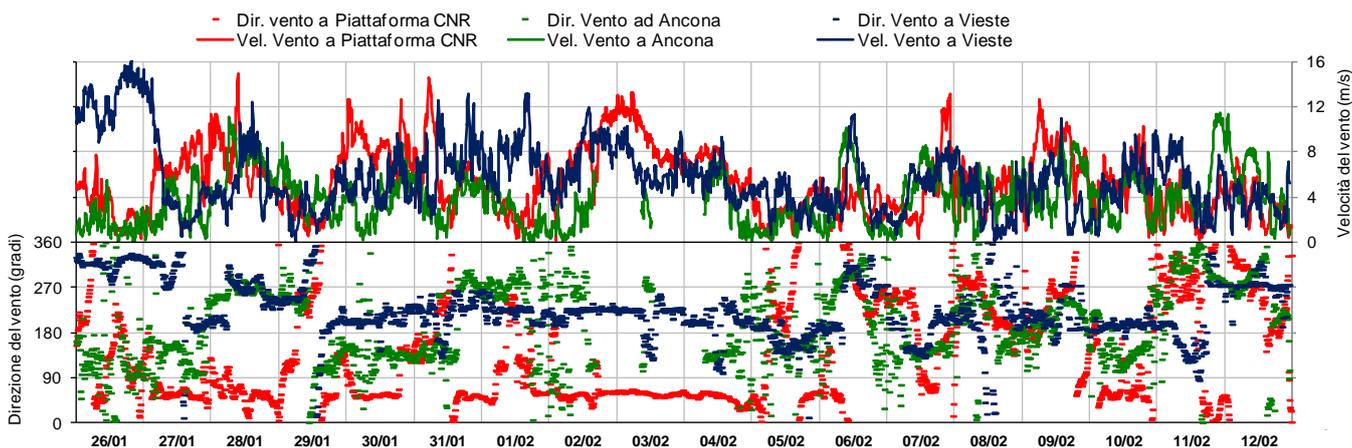


Figura 3 - Regime dei venti lungo la costa adriatica

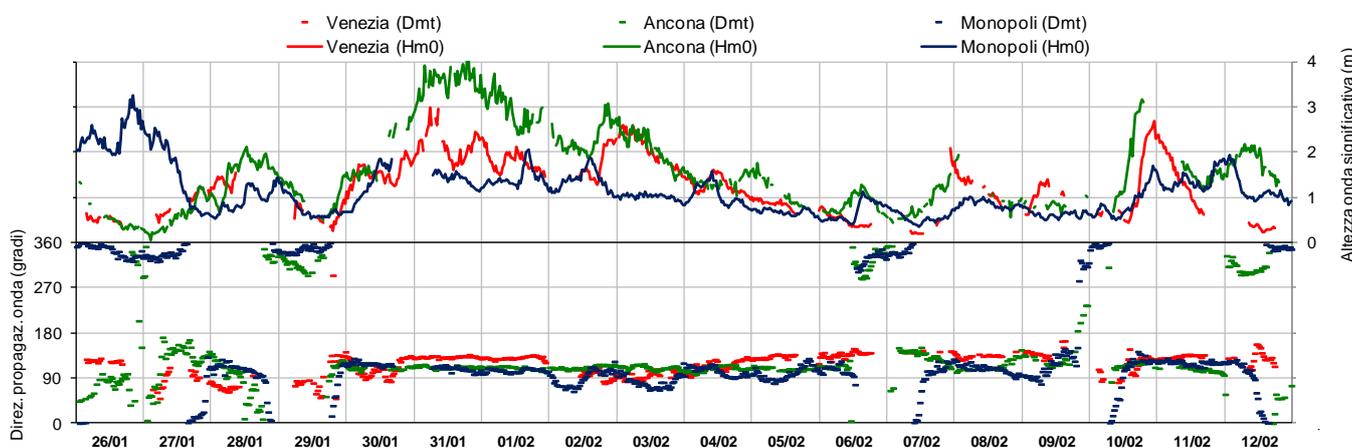


Figura 4 - Moto ondoso lungo la costa adriatica

---

Anche in alto Adriatico il momento di massima espressione del fenomeno meteorologico appena descritto è da inquadrarsi tra i giorni 30 e 31 gennaio. È questo il momento in cui si rileva il massimo differenziale barico tra Nord e Sud del bacino (più di 10 hPa), mentre in Piattaforma CNR, al largo dei litorali veneziani, si registrano venti di Scirocco con intensità superiore ai 12 m/s, unitamente ad un moto ondoso con altezza d'onda significativa prossima ai 3 metri, di provenienza da SE.

Dopo una breve tregua dei fenomeni, che porta ad un tendenziale rialzo delle pressioni nel periodo 3-6 febbraio, dal successivo giorno 7 l'Italia torna ad essere nuovamente bersaglio di nuove perturbazioni d'origine atlantica. Le pressioni crollano nella porzione centro-settentrionale dell'Adriatico creando un nuovo significativo delta pressorio rispetto alla porzione meridionale, differenza che tenderà a ridursi solo la sera del giorno 9 febbraio. La conseguenza immediata è un nuovo innesco di venti dal secondo quadrante lungo l'Adriatico e la comparsa di moto ondoso dallo stesso settore di provenienza.

Il successivo giorno 10 febbraio, sul lato orientale della penisola torna ad affacciarsi l'ennesima perturbazione che in poche ore provoca un differenziale barico intorno ai 12 hPa tra centro e Sud del bacino. Torna quindi a soffiare lo Scirocco nel medio Adriatico, con la formazione lungo tutto il bacino di moto ondoso di provenienza da SE con altezza d'onda significativa superiore al metro al Sud, ai 3 metri al centro e ai 2 metri al Nord. La massima espressione della perturbazione si ha verso la fine della giornata del 10; dal giorno successivo la pressione torna repentinamente a salire nella porzione centro-settentrionale e a scendere in quella meridionale. In questo modo, nell'arco di 12 ore si viene ad azzerare il notevole scarto barico (13 hPa) tra gli estremi Nord e Sud dell'Adriatico, si placa quindi lo Scirocco ed il moto ondoso da esso generato.

### **Conseguenze nell'entroterra veneto-friulano**

Nel corso del periodo gennaio-febbraio 2014, nel Nord-Est d'Italia si sono susseguiti continui stati di allerta di diversa tipologia sulla quasi totalità del territorio. In tutto l'ambito dolomitico è infatti continuato lo stato di calamità iniziato a fine dicembre a causa dell'enorme quantitativo di massa nevosa accumulata. In diversi momenti, a seguito di richieste specifiche delle autorità locali, è intervenuta la Protezione Civile, alla quale ha dato il cambio addirittura l'Esercito (specie per le operazioni di sgombero dai tetti dello strato nevoso eccezionale che avrebbe potuto portare a diversi crolli). Le abbondanti nevicate sono state all'origine del ripetersi di fenomeni di black-out elettrico che, nel corso del dicembre 2013, avevano già pesantemente penalizzato le aree montane del Veneto. Massiccio e ripetuto è stato l'intervento di Enel e Terna per ripristinare le normali condizioni di distribuzione dell'energia elettrica interrotta in più punti a causa di cedimenti di cavi e tralicci.

Sotto una certa quota, lo straordinario quantitativo di neve caduta in montagna si è tradotto in un'altezza di precipitazione mediamente quasi tripla rispetto alla media del periodo. Le abbondanti piogge hanno portato ben presto i livelli di alcuni corsi d'acqua veneto-friulani ai limiti di guardia ed anche oltre, con episodi di inondazione che hanno interessato ampie aree circostanti nel loro tratto pianiziale. È il caso,

ad esempio, dei fiumi del Veneto orientale che, già gonfi da giorni, nella giornata del 1° febbraio hanno iniziato ad allagare il territorio circostante (figura 5).



**Figura 5** - Allagamenti nel portogruarese, 1 febbraio 2014.  
Fonte: foto aeree di Mirco Toniolo (Errebi)



**Figura 6** - Effetti di una mareggiata a Ca' di Valle, Comune di Cavallino-Treporti, 2 febbraio 2014. Fonte: Nicola Dalla Mora

Allagamenti si sono registrati a San Michele al Tagliamento, Portogruaro, San Stino di Livenza e nei paesi limitrofi anche per l'entrata in crisi della rete di bonifica. A Portogruaro il centro è stato invaso dall'acqua fuoriuscita dal Lemene. È stata sospesa la circolazione ferroviaria sulla linea Venezia-Trieste a causa dell'esondazione del fiume Reghena fra le stazioni di San Stino di Livenza e Portogruaro. Sempre a causa della tracimazione del Reghena fra Motta di Livenza e Portogruaro è stato sospeso anche il traffico ferroviario sulla linea Treviso-Portogruaro.

Nel febbraio 2014, il prolungarsi di condizioni meteorologiche avverse per un periodo considerevolmente lungo ha portato ad ulteriori problemi e disagi per la popolazione del Nord-Est. Basti pensare all'innalzamento del livello delle falde freatiche riscontrato in maniera significativa nel trevigiano e nel pordenonese. Le conseguenze dirette del fenomeno si sono manifestate con allagamenti diffusi dei piani interrati e seminterrati di numerose abitazioni private con un calcolo di danni economici anche ingenti.

Altri effetti di un così lungo periodo meteorologicamente rovinoso sono da ricercarsi sulla linea di costa. È infatti sul litorale alto Adriatico che si è abbattuta la forza del mare sospinto a più riprese da vento e onde di provenienza dal secondo quadrante. I problemi più seri sono stati quelli legati all'ingente perdita di tratti di arenile; è nota la situazione con cui hanno dovuto misurarsi i comuni rivieraschi come Jesolo e Cavallino-Treporti (figura 6). Inoltre, al problema del ripristino di tratti di spiaggia erosa, si è aggiunto anche l'aggravio dei costi a seguito delle operazioni di pulizia degli arenili invasi da materiale spiaggiato di varia natura, in gran parte di origine fluviale.

Con i titoli della stampa riportati in figura 7 (da *Il Gazzettino*, *Il Corriere del Veneto*, *La Nuova Venezia*, *Il Corriere delle Alpi*) si è voluta dare un'idea delle conseguenze dei fenomeni occorsi tra gennaio e febbraio 2014. Questi pochi ritagli di giornale, solo a titolo di esempio, sembrano bastare per rendersi conto dello stato di allarme con cui è stata presentata di volta in volta l'ennesima calamità che ha colpito

il Nord-Est in questo inizio 2014. Cosa invece più difficile da trasmettere è la sensazione di continua allerta e pericolo percepita dai cittadini di un territorio che, dopo un'intera stagione di maltempo, si è trovato letteralmente in ginocchio.



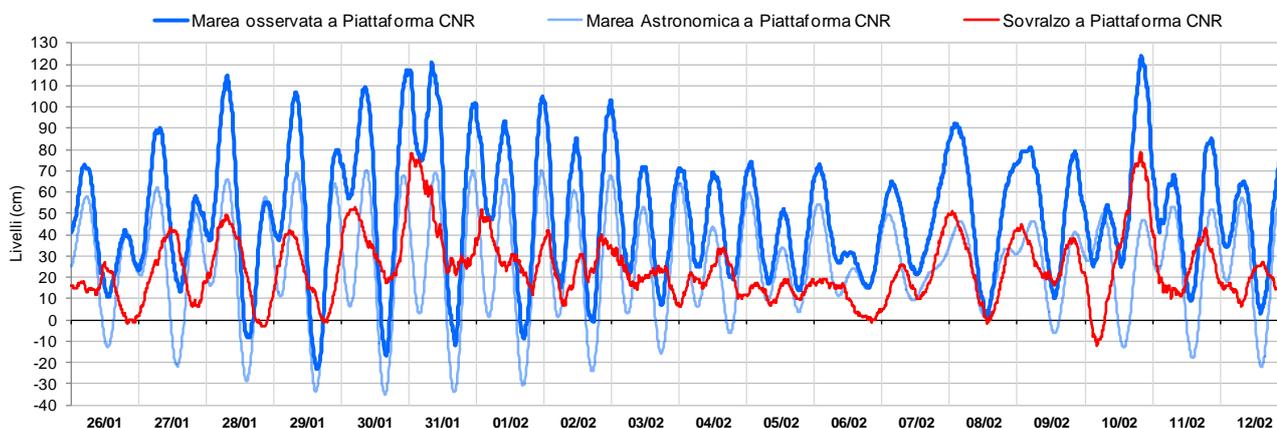
Figura 7 - Titoli di stampa locale nel periodo in analisi

### Situazione mareografica

Nell'arco costiero Nord Adriatico, la situazione meteorologica sopra analizzata ha avuto dei risvolti considerevoli, oltre che in termini termo-pluviometrici, anche dal punto di vista mareografico. Com'è noto, l'azione congiunta del calo di pressione e dello spirare dei venti (in direzione SE-NO) lungo un bacino semichiuso come quello Adriatico determina una significativa amplificazione del fenomeno della

marea nell'Adriatico settentrionale. Qui di seguito verrà descritta la situazione mareografica verificatasi in mare aperto a circa 8 miglia al largo del litorale veneziano (stazione di Piattaforma CNR), nei pressi del Delta del Po settentrionale (Porto Caleri), in Laguna di Marano-Grado (stazione di Grado) ed infine in Laguna di Venezia (stazioni di Punta della Salute, Chioggia Vigo e Burano).

In figura 8 sono rappresentati, per la stazione di Piattaforma CNR, l'andamento della marea osservata e lo scostamento di questa dai valori astronomici previsti, ovvero il contributo meteorologico (o "sovrizzo"). Osservando la marea reale (linea blu) appare chiaro che i valori più elevati si sono registrati tra i giorni 28 e 31 gennaio ed il giorno 10 febbraio. Sono infatti questi i momenti in cui si sono rilevati in gran parte delle stazioni della RMLV colmi di marea superiori a +110 cm sullo Zero Mareografico di Punta Salute (ZMPS), eventi che all'interno della Laguna di Venezia prendono comunemente il nome di *acque alte*. Paiono comunque degni di nota anche i colmi di marea dei primissimi giorni di febbraio, attestatisi su valori superiori a +100 cm sullo ZMPS.



**Figura 8** - Andamento dei livelli di marea in mare aperto c/o la stazione Piattaforma CNR

Il periodo più interessante da un punto di vista mareografico è sicuramente quello tra il 28 ed il 31 gennaio: in soli quattro giorni al largo del litorale veneziano si registrano infatti ben cinque massimi intorno alla soglia +110 cm. In particolare, nel corso dell'ultimo giorno di gennaio si assiste addirittura a due picchi intorno alla quota +120 cm, con un massimo di sovrizzo vicino agli 80 cm nella mattinata. È questo infatti il giorno in cui il contributo meteo si fa più rilevante a causa del sommarsi di più fattori: crollo barico locale, vento di Scirocco lungo l'Adriatico (fig. 3), moto ondoso di provenienza dal secondo quadrante (fig. 4) ed il ripresentarsi di una "sesta" generata dall'impulso meteorologico dei giorni precedenti. Il successivo periodo interessato da fenomeni mareali di rilievo è stato quello tra i giorni 7 e 10 febbraio. A seguito di condizioni meteorologiche perturbate, tra il 7 ed il 9 si sono registrati picchi di sovrizzo compresi tra 40 e 50 cm, contributo che non ha portato a valori considerevoli di marea solo perché presentatosi nel momento di quadratura astronomica. Il successivo 10 febbraio si è poi contraddistinto sia per il picco di sovrizzo prossimo agli 80 cm (che ha provocato un colmo di marea sopra +120 cm), sia per l'eccezionale escursione giornaliera del sovrizzo stesso (quasi 90 cm). Per

rendere più semplice la lettura dell'evolversi degli eventi meteo-mareografici appena descritti in un periodo così esteso, si è deciso di mettere a confronto l'andamento del sovrizzo elaborato per la stazione Piattaforma CNR con l'andamento delle pressioni alle estremità del bacino Adriatico (figura 9).

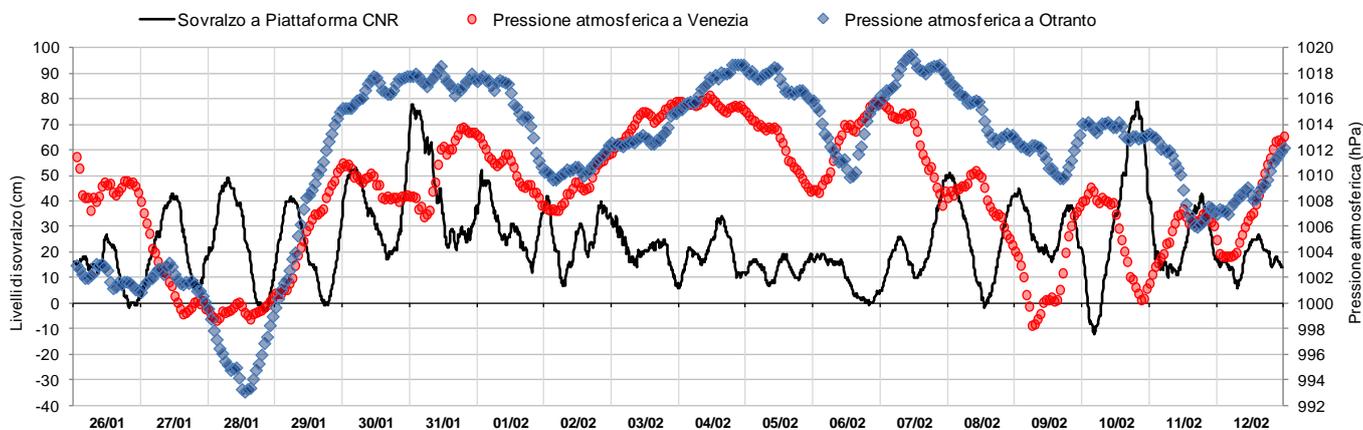


Figura 9 - Pressione atmosferica in Adriatico e sovrizzo in mare aperto (Piattaforma CNR)

Come già evidenziato nella precedente sezione meteorologica, nel periodo in analisi l'Italia è stata attraversata da numerose perturbazioni, facilmente distinguibili nel grafico dai ripetuti crolli barici. Sembra comunque opportuno evidenziare che i valori massimi di sovrizzo in alto Adriatico non si sono registrati in prossimità dei valori minimi pressori locali, bensì in concomitanza con il massimo differenziale barico tra gli estremi del bacino Adriatico, in particolare quando la differenza Sud-Nord si aggirava intorno a +10/+12 hPa.

Allargando ora l'attenzione alla situazione mareografica sviluppatasi sull'intero arco costiero Nord-Adriatico, è logico aspettarsi comportamenti differenti nei livelli mareali causati dall'[azione del vento locale](#). Com'è noto, in Adriatico settentrionale il vento di una certa intensità più presente è la Bora. In figura 10 è rappresentata la distribuzione dei venti di intensità maggiore o uguale a 5.5 m/s misurati presso la stazione di Piattaforma CNR nel periodo 2005-2013. Questi costituiscono circa il 28% del totale, mentre il restante 72% è costituito dalle brezze e da calma di vento.

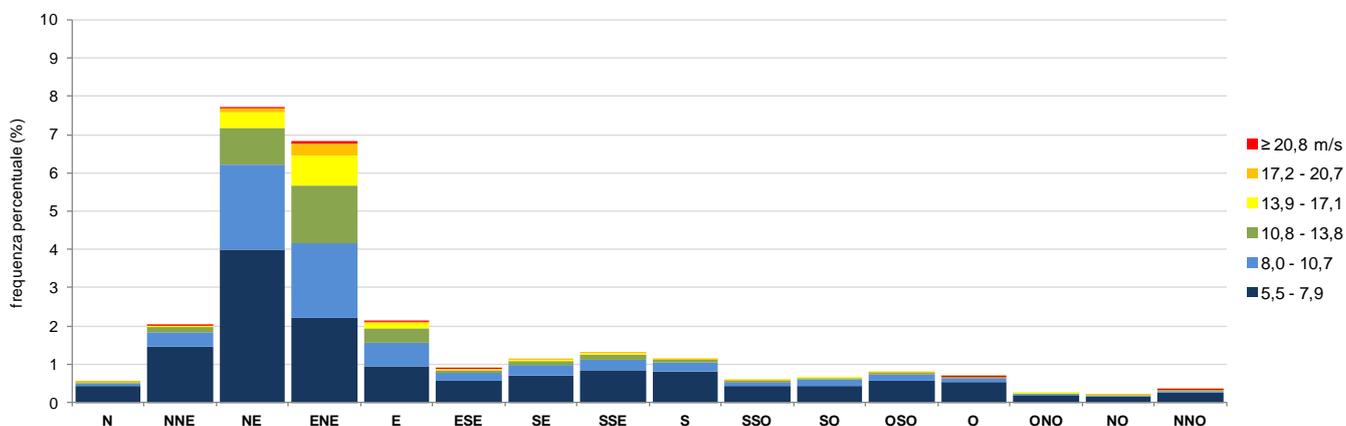


Figura 10 - Distribuzione del vento  $\geq 5.5$  m/s per intensità e direzione rilevato a Piattaforma CNR nel periodo 2005-2013

Il regime dei venti di intensità  $\geq 5.5$  m/s vede una nettissima prevalenza di quelli provenienti dal primo quadrante, in particolare da NE e ENE (Bora) (circa il 14.5% del totale). L'altro vento rilevante, lo Scirocco, proveniente dai settori di SE, SSE, S, ammonta a circa il 3.5 % del totale.

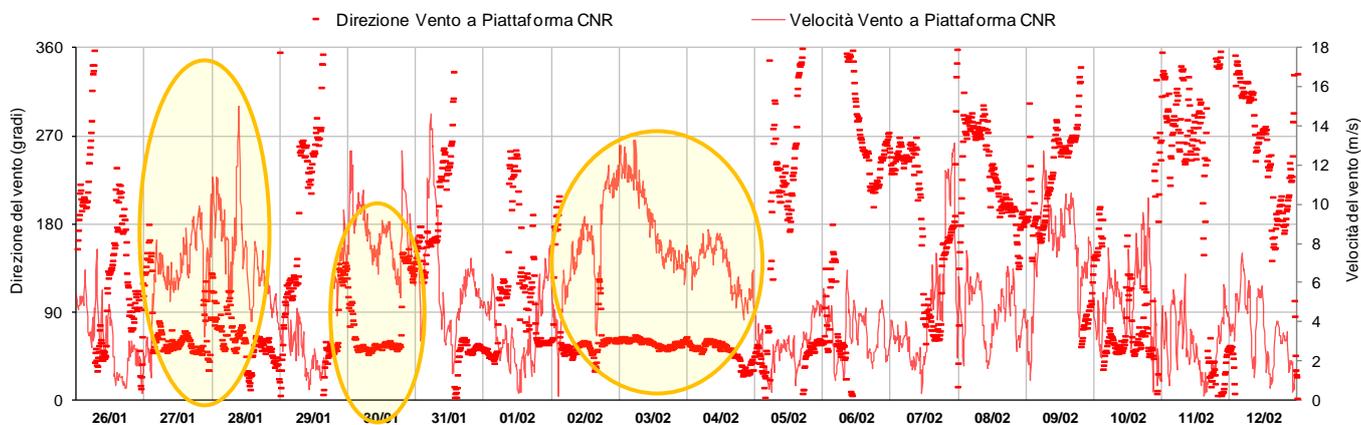


Figura 11 - Regime dei venti rilevati presso la stazione Piattaforma CNR (alto Adriatico)

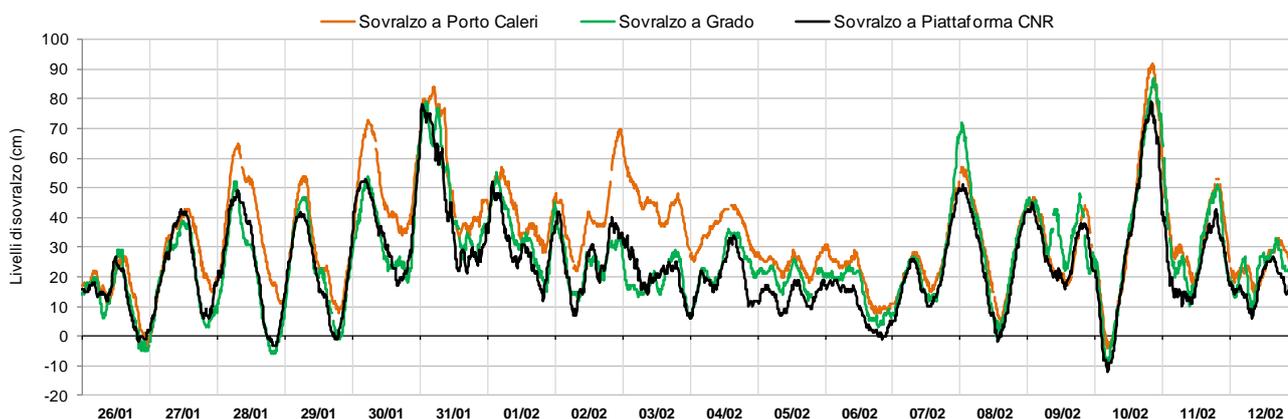


Figura 12 - Andamento dei sovralzi calcolati per tre stazioni del litorale alto Adriatico

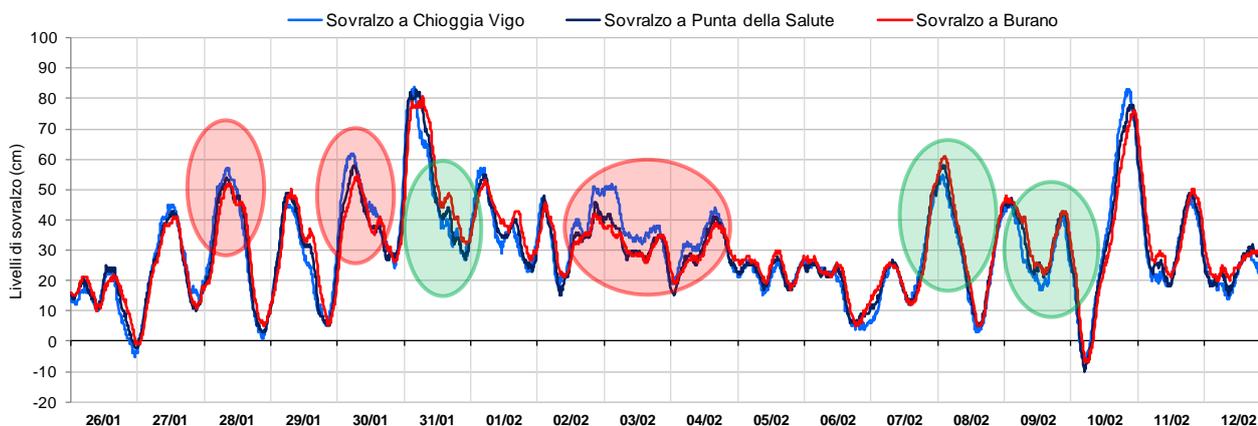


Figura 13 - Andamento dei sovralzi calcolati per tre stazioni poste all'interno della Laguna di Venezia

È opportuno ricordare che in alto Adriatico l'azione del vento di Bora tende a spostare la massa d'acqua dal bordo orientale (sovravento) a quello occidentale (sottovento) del bacino. In particolare, si possono

rilevare differenze anche notevoli nei livelli di marea di zone dove l'azione del vento tende ad insaccare l'acqua (es. Porto Caleri sul Delta del Po) rispetto a zone dove questo vento locale tende a svuotare lo specchio d'acqua (es. Grado nella Laguna di Marano). In figura 11 viene rappresentato il regime dei venti in alto Adriatico al fine di evidenziare i momenti in cui è soffiato vento forte dal primo quadrante (cerchi gialli). In corrispondenza degli eventi di Bora rimarcati in figura 11, nella figura 12 appare evidente una netta diversificazione tra i livelli di sovrizzo (ed ovviamente di marea osservata) nelle tre stazioni analizzate. In particolare, appare utile sottolineare l'esaltazione del contributo meteorologico calcolato per Porto Caleri, stazione posta sottovento, rispetto all'andamento della curva di Grado.

Se spostiamo l'attenzione all'interno di un bacino chiuso come quello della Laguna di Venezia, l'azione del vento locale provoca lo scostamento tra i sovrizzi da un bordo all'altro del bacino (fenomeno detto dei "[sovrizzi differenziati](#)") non solo in presenza di vento di Bora, bensì anche in presenza di vento di Scirocco (figura 13). La Bora (cerchi rosa), soffiando nella direzione di maggior sviluppo della laguna veneta (NE-SO), tende a spostare grosse quantità d'acqua dal bordo sopravvento a quello sottovento, rendendo lo specchio lagunare paragonabile ad un cuneo, la cui superficie inclinata risulta depressa verso la laguna settentrionale (Burano) e rialzata verso quella meridionale (Chioggia Vigo). Di converso, in occasione di vento di Scirocco (cerchi verdi) la situazione si ribalta e la massa d'acqua lagunare viene spostata dalla porzione meridionale verso quella settentrionale.

Per quanto riguarda la città di Venezia, il sito che meglio rappresenta la situazione mareale del centro storico è Punta della Salute, stazione mareografica di cui si possiede una serie storica ultracentenaria. Come per il resto dell'alto Adriatico, anche presso Punta della Salute i valori più elevati di marea si sono registrati tra i giorni 28 e 31 gennaio ed il giorno 10 febbraio. In particolare, il periodo che ha arrecato la massima allerta, e di conseguenza il maggiore disagio nella popolazione veneziana, è stato di certo quello tra il 28 ed il 31 gennaio: in soli quattro giorni si sono registrati infatti ben cinque superamenti di soglia +110 cm. In particolare, nel corso dell'ultimo giorno di gennaio si assiste addirittura a due superamenti di quota +120 cm (+123 cm alle ore 1:20 e +125 cm alle ore 9:50), con un picco di sovrizzo superiore agli 80 cm (ore 4:30). Un nuovo evento di *acqua alta* si è poi ripresentato il 10 febbraio, quando un contributo meteorologico prossimo agli 80 cm ha provocato un colmo di marea di +124 cm sullo ZMPS (ore 21:50). Qui sotto (tabella 1) sono riportati i livelli massimi di marea registrati nel periodo in analisi presso le principali stazioni della RMLV.

	30/01/2014		31/01/2014				10/02/2014	
	H (cm)	ore	H (cm)	ore	H (cm)	ore	H (cm)	ore
Grado	<b>115</b>	8.40	<b>126</b>	0.00	<b>131</b>	9.50	<b>135</b>	20.40
Lido Diga Sud	<b>115</b>	8.50	<b>126</b>	0.30	<b>128</b>	8.00	<b>131</b>	20.30
Piattaforma CNR	<b>109</b>	8.40	<b>117</b>	0.20	<b>121</b>	8.00	<b>124</b>	20.00
Venezia - Punta Salute	<b>113</b>	9.50	<b>123</b>	1.20	<b>125</b>	9.50	<b>124</b>	21.50
Burano	<b>109</b>	10.20	<b>116</b>	1.40	<b>123</b>	10.20	<b>118</b>	22.40
Chioggia Vigo	<b>116</b>	9.00	<b>123</b>	0.50	<b>120</b>	9.30	<b>128</b>	21.10
Porto Caleri	<b>125</b>	9.00	<b>129</b>	0.30	<b>131</b>	9.00	<b>133</b>	20.50

**Tabella 1** - Valori massimi di marea registrati nel periodo in analisi c/o le principali stazioni della RMLV

---

## Previsioni di marea: valutazione e scelta

Il Servizio Laguna di Venezia di ISPRA elabora e divulga quotidianamente le previsioni della marea presso le seguenti 7 stazioni della RMLV: Grado, Piattaforma CNR, Lido Diga Sud, Venezia - Punta della Salute, Burano, Chioggia Vigo e Porto Caleri.

Un aspetto interessante degli eventi di *acqua alta* è il monitoraggio delle *performances* dei modelli di previsione, la loro precisione e accuratezza da un lato e il processo di scelta del miglior modello dall'altro. Occorre infatti tenere presente entrambi questi aspetti per comprendere la bontà effettiva del processo previsionale.

Le due macrofamiglie dei [modelli di previsione](#) in uso presso il Servizio Laguna di Venezia fanno riferimento all'approccio statistico da un lato e a quello deterministico dall'altro.

Il primo approccio, quello statistico, adotta un sistema nato nel campo dell'economia, che privilegia la ricerca di similitudini e regolarità tra situazioni meteorologiche e mareografiche diverse. Tale approccio ricerca nelle serie storiche disponibili le associazioni migliori tra variabili meteorologiche previste su singoli punti (vento e pressione) e il livello della marea, adottando i casi storici come "guida" per la previsione.

All'opposto, l'approccio deterministico si basa su un modello di tipo fisico, che risolve le equazioni dello stato fisico del mare, avendo come input i campi meteorologici di vento e pressione in un ampio dominio, assimilabile in questo caso a tutto il Mar Mediterraneo, elaborati dal ECMWF di Reading (UK) e da unità interne ad ISPRA attraverso un modello ad area limitata (BOLAM).

I modelli statistici, oltre ad elaborare le previsioni meteorologiche che ricevono ogni 24 ore, hanno il pregio di aggiornare la previsione a intervalli ravvicinati e di autocorreggersi con i nuovi dati rilevati. Attualmente l'aggiornamento ha una frequenza di 3 ore.

L'input dei modelli deterministici è composto unicamente da campi di previsione meteo molto più corposi rispetto a quelli dei modelli statistici. Al momento essi producono una singola previsione ogni 24 ore. Si illustra ora brevemente, ed a titolo di esempio, l'andamento delle previsioni per Punta della Salute nelle giornate in cui la marea ha superato quota +120 cm nel corso del periodo precedentemente esaminato: il 31 gennaio e il 10 febbraio 2014.

Le previsioni del 29 gennaio (figura 14a), con anticipo quindi di 48 ore, hanno segnalato due eventi di *acqua alta*, il primo con un range atteso tra +100 e +130 cm, il secondo, più severo, con un range atteso tra +90 e +150 cm (fascia azzurra nei grafici). La previsione del 29 gennaio doveva in prima battuta dare una previsione accurata per il giorno 30, in cui si è verificato un picco di +113 cm, e dare un'indicazione della tendenza per il giorno 31. Sulla base di tutte le previsioni disponibili si è scelto di privilegiare un approccio di tipo statistico, che si autoaggiorna costantemente: per la stazione di Punta della Salute, la previsione pubblicata online prevedeva un picco di +129 cm alle 23.40 del 30 gennaio, a fronte di una marea registrata di +123 cm alle 1.20 del 31. Per il secondo colmo, il modello online prevedeva +122 cm rispetto ai +125 cm effettivamente registrati alle ore 9.50 del 31.

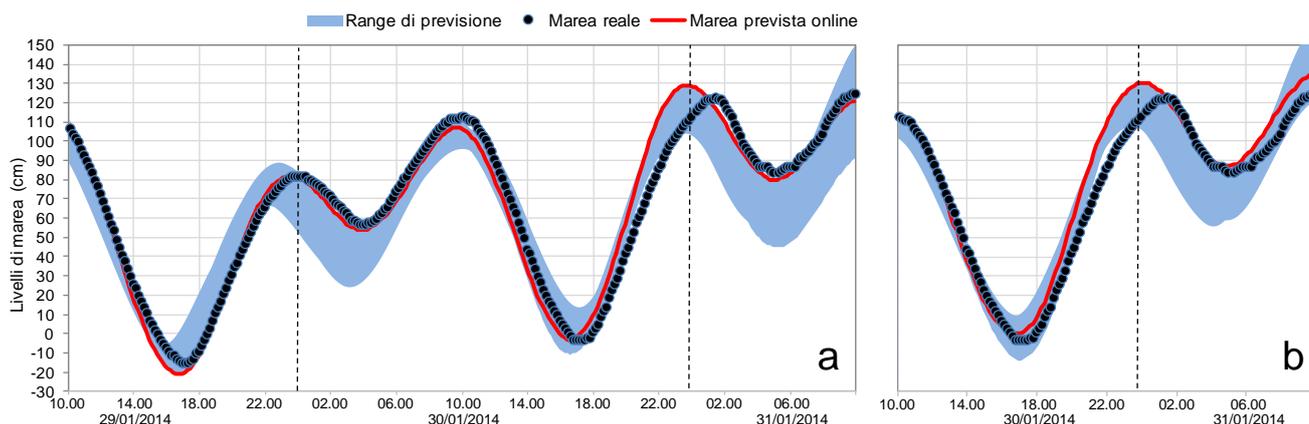


Figura 14 - Previsioni di marea c/o la stazione di Punta della Salute del 29 gennaio (a) e del 30 gennaio (b)

La previsione del 30 gennaio (figura 14b), l'ultima disponibile prima del doppio evento, doveva restituire una previsione quanto più possibile precisa, poiché l'evento era previsto entro le 24 ore successive. Il range di tutti i modelli di previsione oscillava tra +108 e +130 cm nel primo picco e tra +120 e +160 cm nel secondo picco; in entrambi i casi il range calcolato comprendeva i valori massimi che poi si sono realmente registrati. In questo caso, si è scelto di privilegiare l'approccio deterministico, maggiormente preciso nei casi più intensi di acqua alta rispetto all'approccio statistico. La previsione pubblicata ha previsto un picco di +120 cm a fronte dei +123 cm effettivamente registrati per la notte tra 30 e 31 gennaio, mentre +130 cm rispetto ai +125 cm registrati per il picco della mattinata del 31.

Nel corso dell'evento del 10 febbraio la marea ha raggiunto quota +124 cm alle 21.50. I modelli offrivano un range di previsione particolarmente ampio, oscillante tra +100 e +140 cm. Nel corso del fine settimana precedente, in cui la marea reale si è significativamente scostata dai modelli di previsione, il modello online è stato uno statistico.

Il 9 febbraio (figura 15a), il modello pubblicato online con circa 36 ore di anticipo ha previsto una quota massima di +107 cm alle ore 21.00. Il 10 febbraio (figura 15b), il modello online, appartenente alla famiglia statistica, ha confermato la medesima quota. La marea reale ha invece registrato un massimo di +124 cm alle ore 21.50.

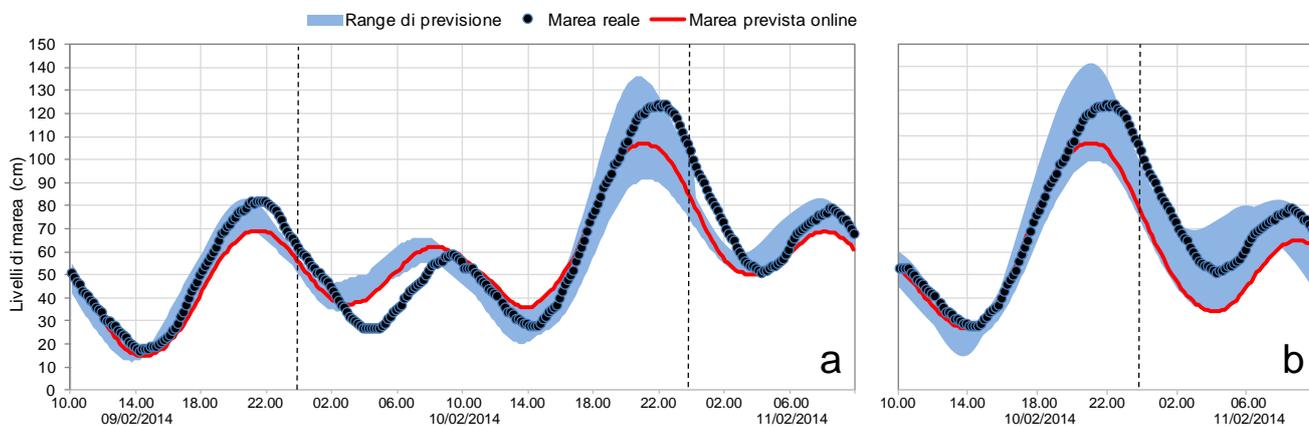


Figura 15 - Previsioni di marea c/o la stazione di Punta della Salute del 9 febbraio (a) e del 10 febbraio (b)

---

In questa situazione, nonostante l'insieme dei modelli di previsione fosse lievemente fuori fase rispetto alla marea reale, il range indicato comprendeva correttamente il massimo effettivamente registrato. L'errore commesso è collegato alla scelta del tipo di modello da pubblicare online: i modelli statistici tendono a sottostimare sistematicamente gli eventi di acqua alta particolarmente severi, nonostante il loro indubbio pregio di potersi aggiornare in tempo reale. Nel caso del 10 febbraio, però, tale capacità è stata sopravvalutata e le correzioni apportate all'approssimarsi del picco sono state di scarsa entità e incapaci di cogliere correttamente il colmo di marea.

Comportamenti sostanzialmente analoghi si sono registrati anche per le previsioni relative alle altre 6 stazioni con punta massime interne al range di previsione offerto dai vari modelli per ciascuna stazione.

## **Condizioni di marea: comunicazione e meccanismi di allerta**

Il Servizio Laguna di Venezia di ISPRA svolge i compiti operativi di protezione civile già attribuiti ai Servizi Tecnici Nazionali dalla Legge 225/92, e disciplinati della Direttiva PCM 27/2/2004. Nella fattispecie, tali compiti comprendono il monitoraggio, la previsione, l'analisi e il reporting di eventi, anche sull'evoluzione di grandezze climatologiche e ambientali, riguardanti lo stato del mare.

Detto Servizio di ISPRA provvede quindi a segnalare ad alcuni specifici destinatari (organi territoriali di protezione civile, Consorzi di Bonifica, Capitanerie di Porto, Vigili del Fuoco, Enti Locali, ecc.) l'approssimarsi di condizioni avverse di marea mediante l'invio di avvisi di segnalazione. Come di consueto, nelle giornate del 27, 28, 29, 30 e 31 gennaio, gli avvisi relativi alle condizioni di marea sono stati inviati anche ai più importanti organi di informazione del Nord-Est.

Inoltre, attraverso il portale [www.venezia.isprambiente.it](http://www.venezia.isprambiente.it), sono state diffuse ed aggiornate le previsioni modellistiche elaborate da ISPRA relative a 7 stazioni della RMLV.

Attraverso quest'ultimo importante strumento di divulgazione è stato inoltre possibile, come di consueto, seguire l'evolversi del fenomeno meteo-mareografico grazie alla consultazione dei dati in tempo reale provenienti dalle stazioni meteorologiche e mareografiche della [RMLV](#).

A conferma dell'importanza sempre crescente di internet come efficace canale comunicativo, si propone un'analisi del flusso di accesso al sito da parte dell'utente nel corso del periodo considerato (da *google analytics*). In figura 16 sono rappresentati, per il periodo in analisi, i dati relativi agli accessi dell'utenza al sito web proponendo il confronto tra visite giornaliere (barra grigia) e orarie (linea rossa).

Il primo dato evidente è l'aumento graduale degli accessi giornalieri nei primi sei giorni (dal 26 al 31 gennaio) ed una discesa nei successivi sei giorni (dal 1 al 6 febbraio). Il picco massimo di accessi ha fatto registrare un valore di poco inferiore alle 2.000 unità in occasione della giornata più problematica dal punto di vista meteo-mareografico (31 gennaio).

Dal 10 febbraio si assiste poi ad una repentina seconda impennata negli accessi e ad una graduale discesa nei due giorni seguenti.

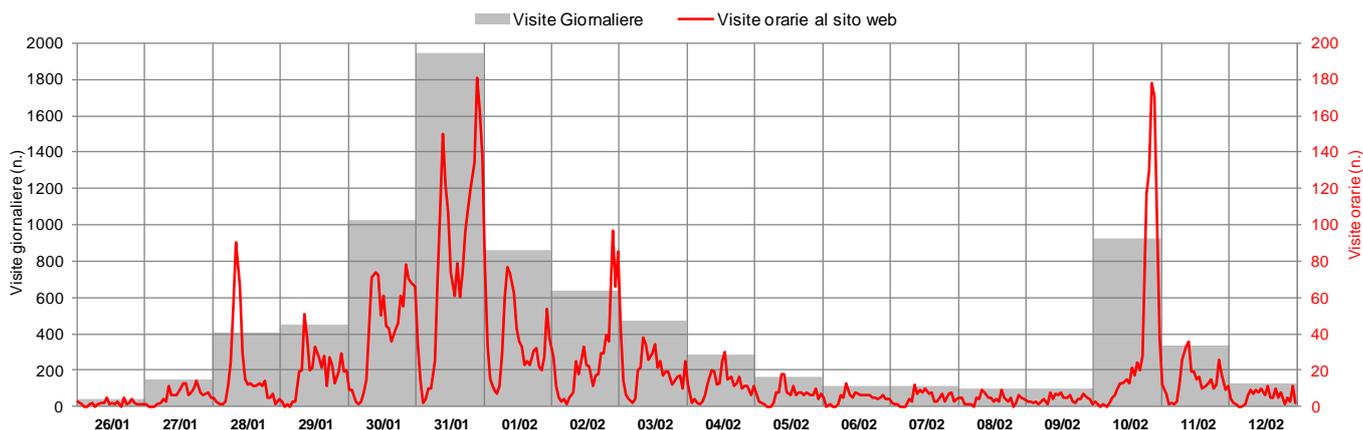


Figura 16 - Accessi orari e giornalieri al sito web [www.venezia.isprambiente.it](http://www.venezia.isprambiente.it)

Analizzando ora il numero di accessi orari, appaiono chiari dei picchi immediatamente decifrabili se messi a confronto con l'andamento della curva di marea (figura 17). Il grafico mostra infatti la relazione diretta tra il numero orario di utenti collegati al sito ed i valori di marea previsti mediante elaborazione [modellistica](#). Le previsioni (linea blu tratteggiata) rappresentano i valori pubblicati online e costantemente aggiornati nell'arco della giornata. La marea prevista è quindi temporalmente confrontabile con il numero di accessi poiché rappresenta la curva che l'utente aveva di fronte nel momento della consultazione.

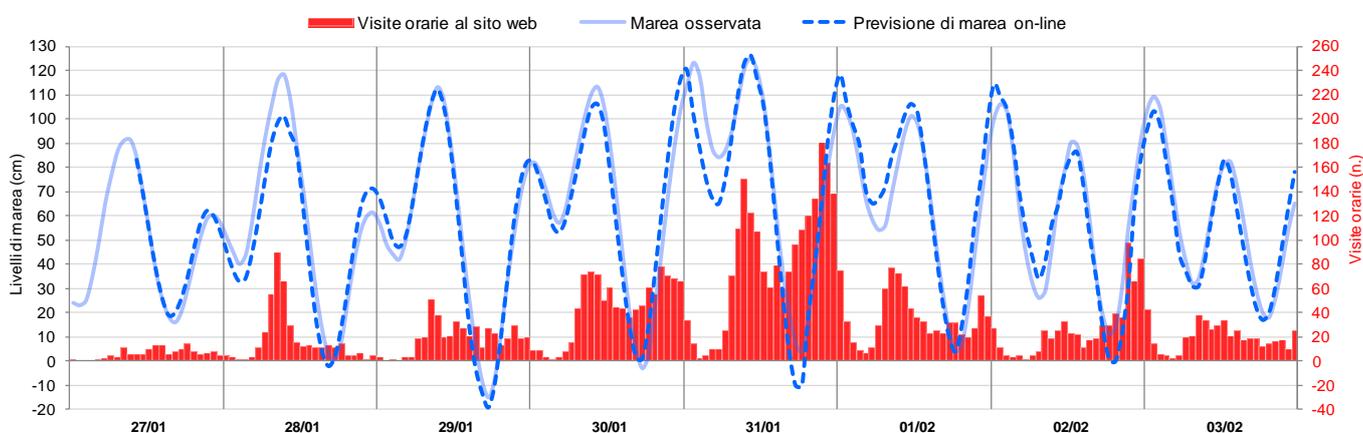


Figura 17 - Andamento della marea, previsioni modellistiche e accessi orari al sito web [www.venezia.isprambiente.it](http://www.venezia.isprambiente.it)

L'utente, oltre a consultare la previsione di marea, segue l'evoluzione del fenomeno meteo-mareografico prendendo visione dei dati in tempo reale: questo è il motivo per cui il numero di accessi aumenta gradualmente all'avvicinarsi del colmo di marea. Passato questo istante gli accessi iniziano gradualmente a diminuire, pur mantenendosi comunque su valori sostenuti se il successivo colmo di marea prevista è degno di destare allerta, come si osserva nei giorni 30 e 31 gennaio.

## Conclusioni

Questo documento si inserisce nel quadro generale delle attività ISPRA che, assieme al monitoraggio, alla divulgazione dei dati e all'analisi dei processi ambientali, prevede anche quell'attività di reporting propria del mandato istituzionale dell'Ente. Ciò per offrire agli operatori a vario titolo interessati (pianificatori, consorzi di bonifica, protezione civile, polizia idraulica, sicurezza della navigazione, ecc.) un quadro di informazioni basate su dati certi, raccolti ed elaborati secondo procedure codificate, condivise e rispondenti alle raccomandazioni degli organismi internazionali di settore (WMO, IOC).

Con specifico riferimento agli eventi meteo-marini che tra la fine di gennaio e la prima decade di febbraio hanno colpito il Nord Adriatico, va detto che la loro singolarità è legata più che altro alla persistenza di condizioni meteorologiche apparse piuttosto inusuali per la stagione invernale. I fenomeni ripetuti di mareggiate come quelle descritte non hanno in sé un vero e proprio carattere di eccezionalità. I valori massimi di livello della marea e di altezza d'onda al largo sono infatti associabili, dal punto di vista statistico, ad uno scenario di evento piuttosto frequente (tempo di ritorno 1-5 anni).

Desta comunque qualche motivo di attenzione, negli ultimi anni, il loro ripetersi con maggiore frequenza richiamando quindi alla mente gli effetti dei cambiamenti climatici ed in particolare la crescita del livello medio del mare, che in alto Adriatico sembra essere il fattore più temuto per un eventuale aumento del rischio di inondazione marina nei prossimi decenni. In prospettiva questo comporterebbe, tra i vari effetti, anche una maggiore intensificazione dei fenomeni di erosione costiera in un ambiente che, nell'ultimo secolo, ha subito profonde trasformazioni di origine antropica con alterazione del naturale equilibrio tra terra e mare (drastica riduzione del trasporto di sedimenti dai fiumi, massiccia urbanizzazione della fascia costiera, scomparsa di ampi tratti del cordone dunale, subsidenza indotta da estrazioni di fluidi dal sottosuolo, ecc.).