

ANALISI EX POST DELL'EVENTO MAREALE A VENEZIA DEL 3 OTTOBRE 2020

FENOMENOLOGIA

Negli ultimi giorni di settembre 2020 un vasto sistema depressionario era presente tra la Groenlandia e l'Islanda. A causa delle condizioni anticicloniche presenti sull'Europa Orientale (blocco euro-atlantico), la depressione nei giorni seguenti si è mossa verso sud-ovest, raggiungendo il Golfo di Biscaglia giovedì 1 ottobre, dove si è verificato un intenso evento ciclogenetico, con la formazione di un ciclone molto profondo e potente, denominato "tempesta Alex" da Météo-France. A causa delle menzionate condizioni di blocco, il minimo al suolo è rimasto stazionario sulla Francia, mentre i sistemi frontali associati hanno investito l'Italia tra il 2 e il 3 ottobre (Figura 1).

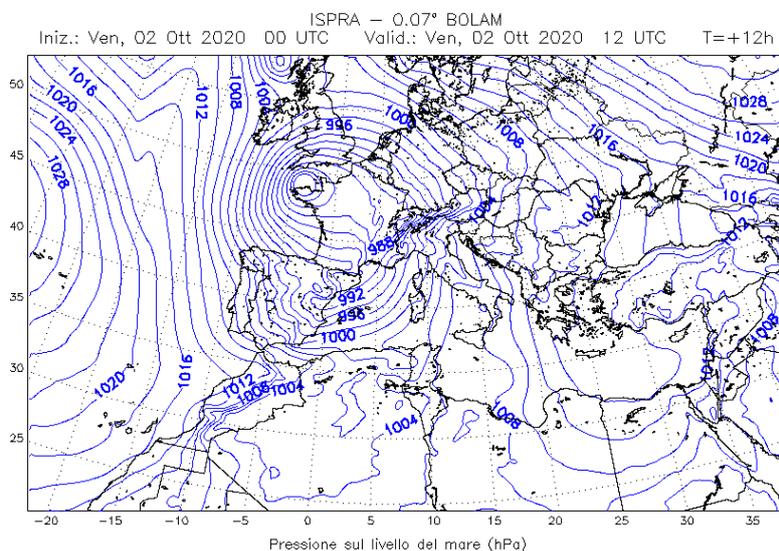


Figura 1 Previsione (+12h) del modello BOLAM del Sistema previsionale Idro-Meteo-Mare dell'ISPRA della pressione sul livello del mare alle 1200 UTC di venerdì 2 ottobre.

Nonostante un *pattern* di circolazione di questo tipo sia molto comune sul Mediterraneo Occidentale, questo evento si è distinto per la particolare intensità. Per dare un'idea, nella mattinata di venerdì 2 ottobre sono state registrate sulla Bretagna, in corrispondenza del minimo barico, pressioni al suolo dell'ordine di 980 hPa e venti fino a 186 km/h (fonte: analisi KNMI, Météo-France)¹.

Tale configurazione ha portato a un livello del mare in Adriatico elevato tra fine settembre e inizio ottobre, con diversi eventi di marea sostenuta (≥ 80 cm sullo ZMPS), dovuti alla prolungata stazionarietà del ciclone. Quest'ultima ha condotto infatti a forti e ininterrotti venti di Scirocco sul Canale d'Otranto e lungo l'Adriatico per le intere giornate di venerdì 2 e sabato 3 ottobre, sspingendo l'acqua verso Nord e impedendone il naturale deflusso dal Canale d'Otranto per oltre 48 ore. Al tempo stesso, la differenza di pressione

¹ L'evolversi dell'evento ha portato a disastrose alluvioni sulla Francia e sull'Italia Nord-Occidentale, oltre a un elevato livello del mare nel Nord Adriatico. Oltre all'intensità del ciclone, gli effetti al suolo particolarmente rilevanti e disastrosi registrati in Italia si devono, per le piogge, anche alla forte evaporazione dovuta all'elevata temperatura superficiale del Mediterraneo e all'origine polare della massa d'aria fredda.

atmosferica tra basso e alto Adriatico riscontrata negli stessi giorni (Figura 1) ha contribuito ulteriormente all'innalzamento del livello del mare nel Nord Adriatico (effetto barico inverso).

Le previsioni sul Mediterraneo dei modelli meteorologici ECMWF (Centro Europeo per le previsioni meteorologiche a medio termine) e BOLAM², che alimentano a loro volta i modelli di previsione di marea in Alto Adriatico e in Laguna di Venezia, hanno segnalato l'evento in arrivo già dall'ultima settimana di settembre, mostrando in particolare condizioni di marea molto sostenuta per la tarda mattinata di sabato 3 ottobre (> 130 cm a Venezia – Punta della Salute). Le previsioni meteorologiche prodotte nei giorni successivi hanno sostanzialmente confermato tali valori.

VENTO E PRESSIONE IN ADRIATICO

Analizzando nel dettaglio l'evoluzione del vento di Scirocco in Adriatico, le previsioni evidenziavano la presenza di venti deboli in corrispondenza del Canale d'Otranto nel pomeriggio di giovedì 1, per poi intensificarsi ed estendersi a tutta la costa Dalmata nella notte (Figura 2a). Per tutta la giornata di venerdì 2 i venti di Scirocco hanno interessato l'intero Adriatico (Figura 2b), intensificandosi dal pomeriggio lungo la Dalmazia e nel Nord Adriatico (Figura 2c). L'episodio di Scirocco è proseguito il sabato, finché verso le ore 1200 UTC (14:00 locali) l'irruzione di aria fredda dalla pianura padana ha riportato la calma sul Nord Adriatico (Figura 2d).

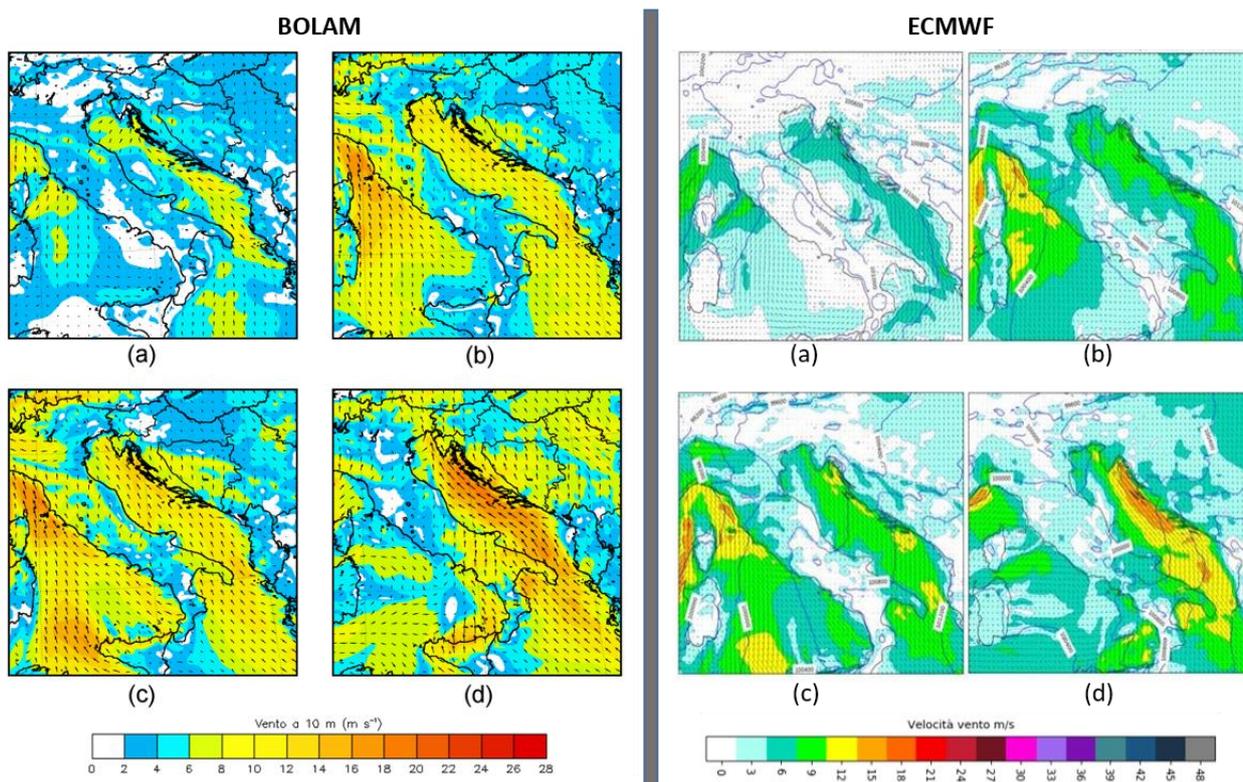


Figura 2 Velocità e direzione del vento previsti dal BOLAM del Sistema previsionale Idro-Meteo-Mare dell'ISPRA (mappe di sinistra) e dall'ECMWF (mappe di destra). Si riporta il regime dei venti previsti a 10 m per venerdì 2 ottobre 2020 (a: previsione per le 0000 UTC; b: previsione per le 1200 UTC – corsa delle 1200 UTC di giovedì 1 ottobre) e sabato 3 ottobre 2020 (c: previsione per le 0000 UTC; d: previsione per le 1200 UTC – corsa delle 1200 UTC di venerdì 2 ottobre).

I dati di vento e pressione evidenziano un andamento sostanzialmente concorde con le previsioni. In particolare, dai dati misurati presso il mareografo di Bari e presso la Piattaforma "Acqua Alta" di Venezia si osserva come la pressione s.l.m. sia progressivamente diminuita dal valore di 1017 hPa registrato la sera del

² Modello meteorologico BOLAM del Sistema previsionale Idro-Meteo-Mare dell'ISPRA;
https://www.isprambiente.gov.it/pre_meteo/

29 settembre in entrambe le stazioni, fino a raggiungere nelle ore centrali della giornata del 3 ottobre valori di circa 1004–1005 hPa a Bari e di 999 hPa a Venezia. Dalle prime ore del mattino, fino alle ore centrali di sabato 3 ottobre, il differenziale barico tra Bari e Venezia è rimasto quindi stabile intorno ai 6 hPa (Figura 3).

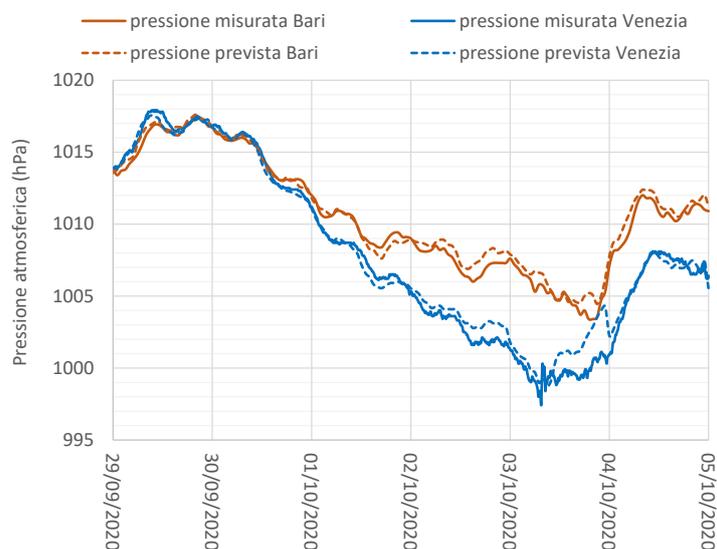


Figura 3 Confronto tra la pressione s.l.m. misurata presso il mareografo di Bari della Rete Mareografica Nazionale dell'ISPRA e presso la Piattaforma CNR e le corrispondenti previsioni del BOLAM del Sistema previsionale Idro-Meteo-Mare dell'ISPRA. Le serie temporali del BOLAM sono ottenute concatenando le previsioni relative alle prime 24h di ogni giorno di run dal 29 settembre al 4 ottobre.

Riguardo alla velocità del vento (Figura 4), un massimo di circa 14 m/s è stato osservato prima in Piattaforma (ore 0800 UTC del 3 ottobre) e successivamente a Bari (ore 1300 UTC). Le previsioni hanno mostrato una elevata accuratezza nel picco di massimo, in ampiezza e fase, su entrambe le stazioni.

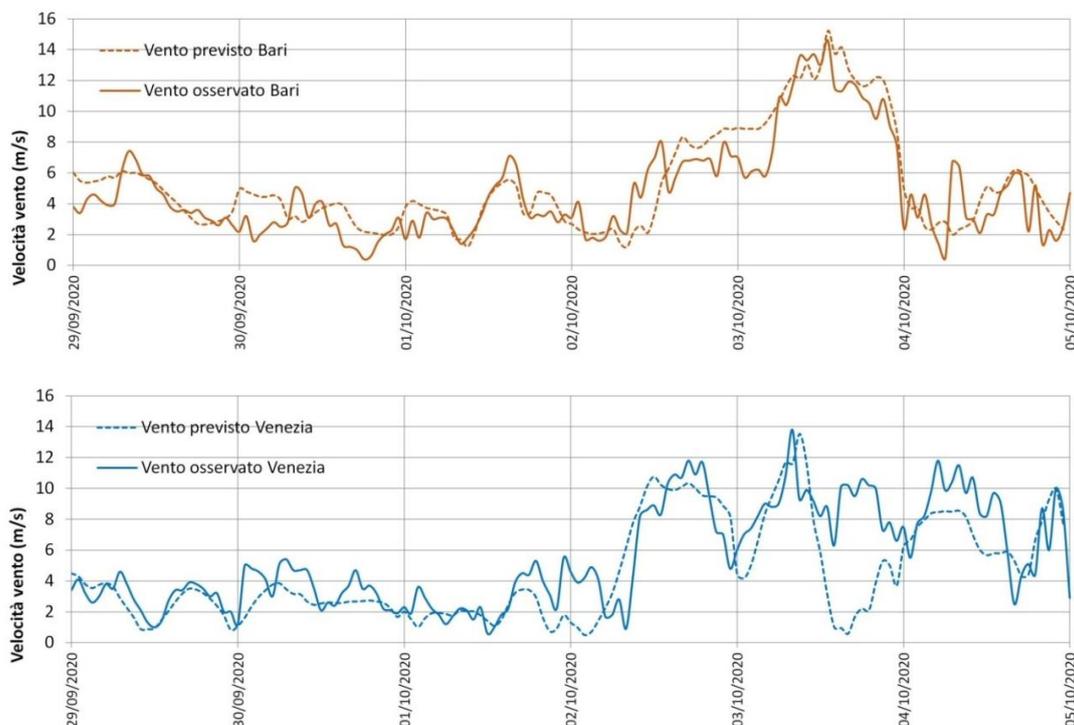


Figura 4 Confronto tra la velocità del vento a 10 m misurata presso il mareografo di Bari della Rete Mareografica Nazionale dell'ISPRA e presso la Piattaforma CNR e le corrispondenti previsioni del BOLAM del Sistema previsionale Idro-Meteo-Mare dell'ISPRA. Le serie temporali del BOLAM sono ottenute concatenando le previsioni relative alle prime 24h di ogni giorno di run dal 29 settembre al 4 ottobre.

LA PREVISIONE DELLA MAREA

Le condizioni meteo sopra descritte hanno permesso di prevedere con diversi giorni di anticipo un possibile evento di marea molto sostenuta in Alto Adriatico per sabato 3 ottobre, con valori massimi in Laguna di Venezia superiori a 130 cm. Nel corso dell'intera settimana, si è riunito quotidianamente il Tavolo Tecnico per le previsioni meteo-marine composto da CPSM, ISPRA e CNR-ISMAR (ref. note del 29/09, 01/10, 02/10). Sabato mattina i modelli operativi presso i tre Enti hanno confermato punte di marea prevista molto sostenuta per le 12:30 circa del 3 ottobre (**Figura 5**). Il ritardo del passaggio del fronte perturbativo, rispetto a quanto previsto, ha favorito uno sfasamento tra il massimo contributo meteo e il picco di marea astronomica di circa un'ora e quindi un assestamento dei valori massimi previsti per Punta della Salute compresi tra 125–135 cm.

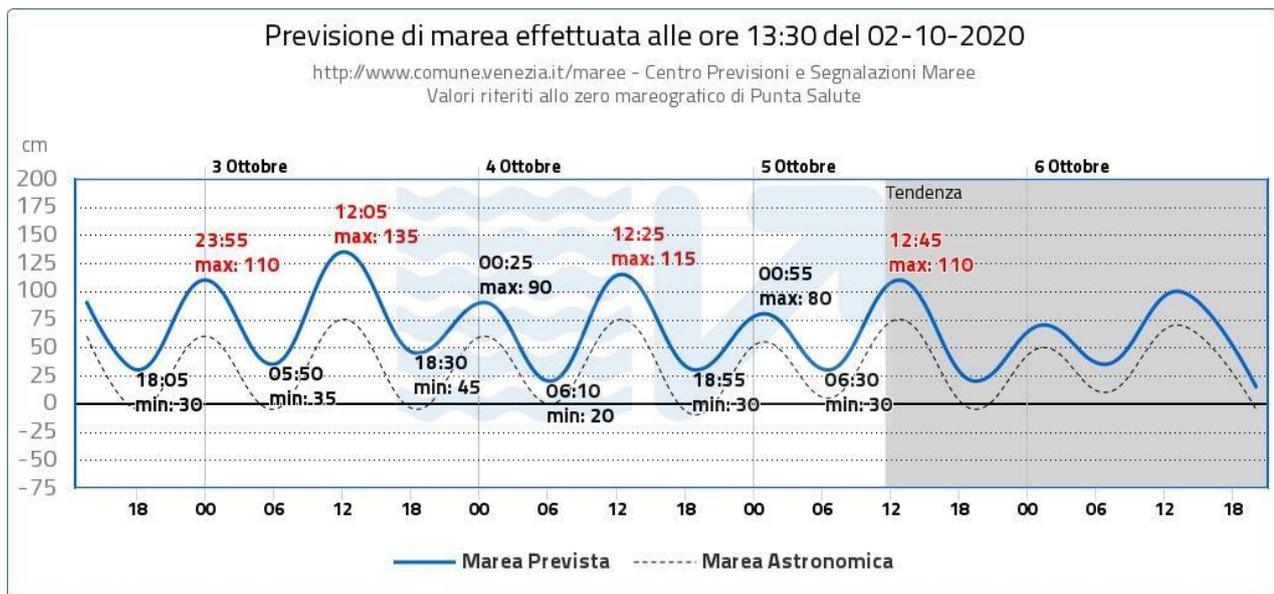


Figura 5 Grafico della previsione di marea del CPSM del Comune di Venezia, pubblicato nel bollettino emesso la mattina del 3 ottobre 2020.

ANALISI DEI LIVELLI DI MAREA

Coerentemente con tali previsioni, il livello misurato in mare dalla rete meteo-mareografica integrata dell'ISPRA e del CPSM ha raggiunto valori attorno a 130 cm (132 cm a Lido Diga Sud, ore 12:30), permanendo sopra la soglia dei 110 cm per circa 4 ore, dalle ore 10 alle ore 14. Valori inferiori in mare sono stati registrati a Malamocco Diga Nord (126 cm) e Chioggia Diga Sud (121 cm), con un gradiente lungo la costa veneziana crescente da Sud verso Nord per effetto del vento di Scirocco.

Il permanere del livello di marea stabile intorno ai 120 cm per diverse ore è dovuto allo sfasamento tra contributo meteo e marea astronomica. Il massimo contributo meteo (65 cm) è stato infatti registrato alle ore 10:00, con forti venti di Scirocco misurati al largo della costa veneziana (14 m/s alla Piattaforma "Acqua Alta" del CNR), in corrispondenza di una marea astronomica di 55 cm. L'intensità del vento (**Figura 4**) e il contributo meteo (**Figura 6**) sono progressivamente diminuiti, con valori rispettivamente di 7 m/s e 45 cm alle ore 12:30 circa, proprio in corrispondenza del picco di 75 cm della marea astronomica (**Figura 6**).

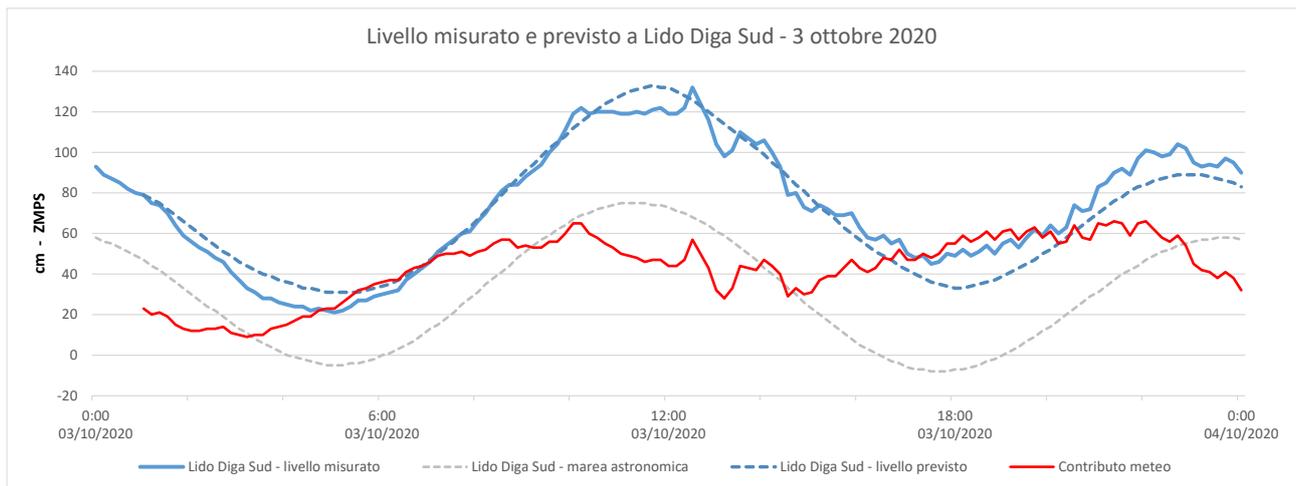


Figura 6 Livello del mare misurato (in azzurro, linea continua) e previsto (in azzurro, linea tratteggiata) e marea astronomica (in grigio). La linea rossa, derivante dalla differenza tra le due curve di livello misurato e marea astronomica, indica il contributo meteorologico.

Dalle ore 9:00 circa, l'entrata in funzione del MoSE ha ridotto progressivamente il flusso mareale tra mare e laguna, fino alla sua completa interruzione. L'effetto della chiusura delle bocche di porto sui livelli in laguna appare evidente dal confronto tra la previsione di marea e i dati osservati: il livello di marea nel centro storico di Venezia (Punta della Salute), dopo aver raggiunto il valore di 74 cm, è sceso di qualche centimetro per effetto della propagazione della marea verso le aree più interne della laguna. A Punta della Salute il livello si è attestato a un valore di 70 cm sullo ZMPS (Figura 7), generando un dislivello tra mare e laguna di circa 60 cm (differenza massima di 62 cm alle 12:30).

Analogo valore è stato registrato anche presso i centri abitati del sottobacino afferente alla bocca di Lido, con un leggero ritardo a Burano e con quasi 4 ore a Cavallino-Treporti (Figura 8).

In laguna Sud, nel bacino afferente alla bocca di Chioggia, il livello di marea registrato presso la stazione di Chioggia Vigo si è attestato intorno a 65 cm, con una differenza rispetto al mare (Chioggia Diga Sud) pari a 55 cm (Figura 9).

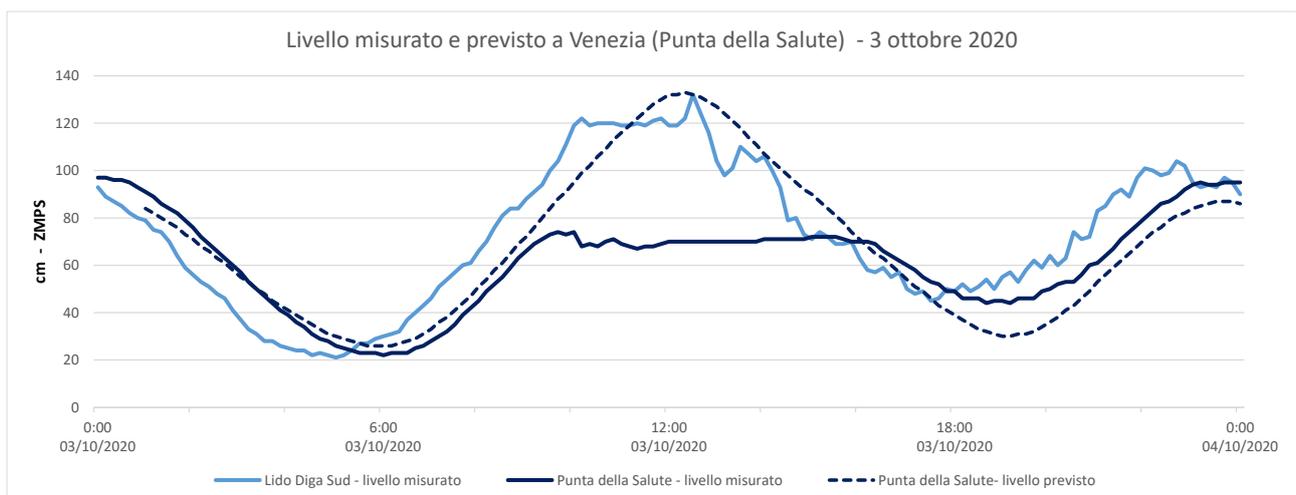


Figura 7 In azzurro, livello della marea misurata in mare a Lido Diga Sud; in blu, livello misurato (linea continua) e previsto (linea tratteggiata) a Venezia – Punta della Salute.

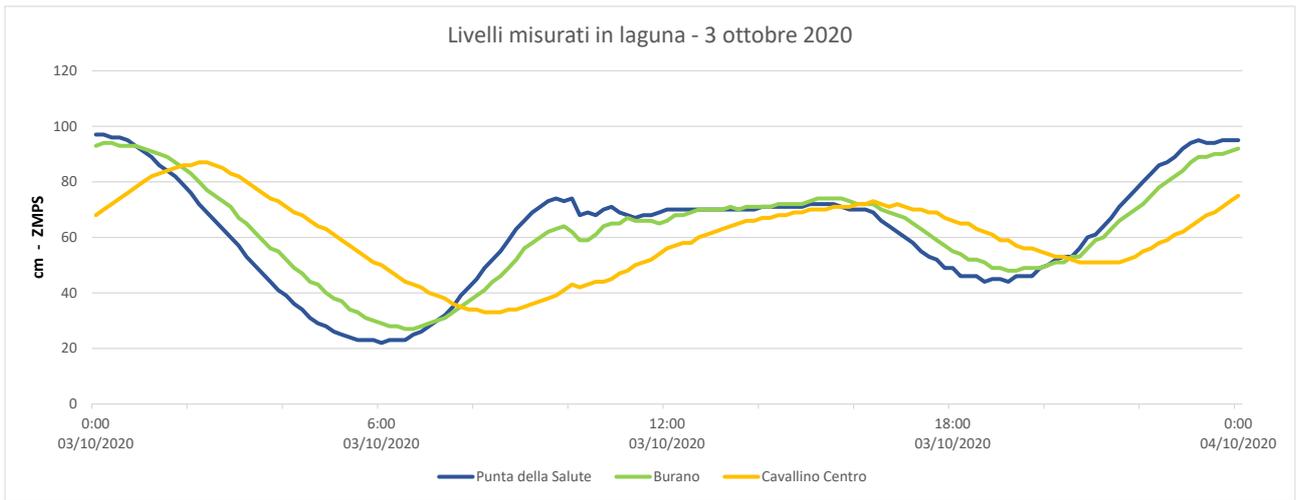


Figura 8 Livello della marea misurata presso i centri abitati di Venezia, Burano e Cavallino-Treporti.

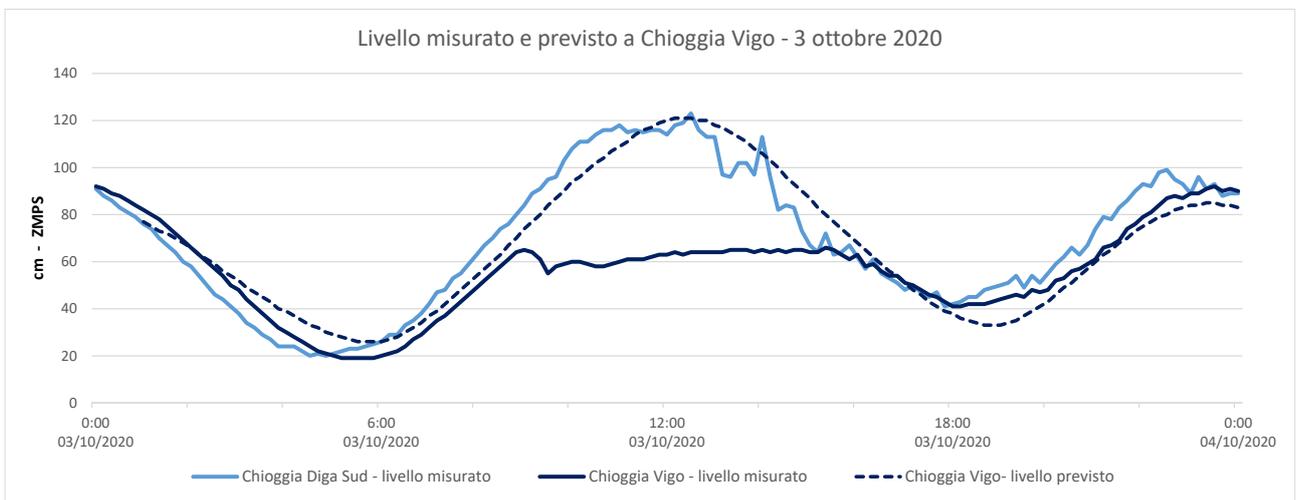


Figura 9 In azzurro, livello della marea misurata in mare a Chioggia Diga Sud; in blu, livello misurato (linea continua) e previsto (linea tratteggiata) a Chioggia Vigo.