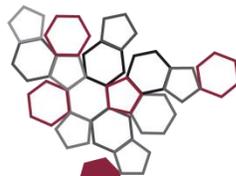




ISPRA

Istituto Superiore per la Protezione
e la Ricerca Ambientale



Sistema Nazionale
per la Protezione
dell'Ambiente

*Centro Nazionale per la caratterizzazione ambientale e la protezione della
fascia costiera, la climatologia marina e l'oceanografia operativa*

Bollettino Meteo-Mareografico

- Laguna di Venezia -

Anno 2021

*Castello, 4665 - 30122 Venezia
e-mail: venezia@isprambiente.it
www.venezia.isprambiente.it*



ISPRA

Istituto Superiore per la Protezione
e la Ricerca Ambientale



Sistema Nazionale
per la Protezione
dell'Ambiente

Note di lettura per la consultazione del Bollettino Meteo-Mareografico

Il bollettino Meteo-Mareografico della Laguna di Venezia, consultabile e scaricabile dal sito internet www.venezia.isprambiente.it alla sezione "[Meteo e marea](#)", è un prodotto pubblicato annualmente da ISPRA (Centro Nazionale per la caratterizzazione ambientale e la protezione della fascia costiera, la climatologia marina e l'oceanografia operativa - Area Maree e Lagune).

Il bollettino è composto da 2 sezioni:

1. Sezione meteorologica (pagg. 3 - 7)

Le misure analizzate nel documento sono: le temperature massime e minime (esprese in °C), le pressioni atmosferiche (esprese in hPa) e le precipitazioni (esprese in mm). Per le misure trattate in questa sezione sono utilizzati, ad eccezione del vento, i dati rilevati presso "*Lido Meteo*", la stazione della RMLV (Rete Mareografica della Laguna di Venezia e del litorale Nord Adriatico) che meglio si presta a rappresentare la situazione meteorologica del bacino lagunare e che fornisce la serie storica continuativa migliore nell'ambito lagunare. Ove non disponibili i dati di "*Lido Meteo*", sono stati utilizzati i parametri registrati presso le stazioni meteorologiche "*Istituto Cavanis*" e "*Cavallino Treporti*" di proprietà dell'ARPA Veneto.

A seguito di lavori di ristrutturazione della "*Piattaforma Acqua Alta*", iniziati nel 2017 e terminati nella seconda metà del 2018, i dati di vento (espressi in gradi e m/s) utilizzati per rappresentare il solo biennio 2017-2018 sono quelli registrati presso la stazione ISPRA "*Lido Diga Sud*", ubicata nella porzione terminale del molo foraneo meridionale della Bocca di Lido, circa 8 miglia a Nord della "*Piattaforma Acqua Alta*".

2. Sezione mareografica (pagg. 8 - 10)

In questa sezione viene analizzato il livello medio del mare (l.m.m.) mensile e annuale calcolato per "*Venezia - Punta della Salute*", la stazione mareografica che rappresenta il centro storico della Città di Venezia e di cui si possiede una serie storica ultracentenaria. Si ricorda che tutti i livelli di marea fanno riferimento allo ZMPS ([Zero Mareografico di Punta della Salute 1897](#)).

Si precisa che a partire dall'anno 2020, per le sole giornate di chiusura delle paratoie del Mose, il calcolo degli indicatori prevede l'integrazione dei dati di livello di *Venezia - Punta della Salute* con quelli di *Piattaforma Acqua Alta*, di proprietà del CPSM del Comune di Venezia.

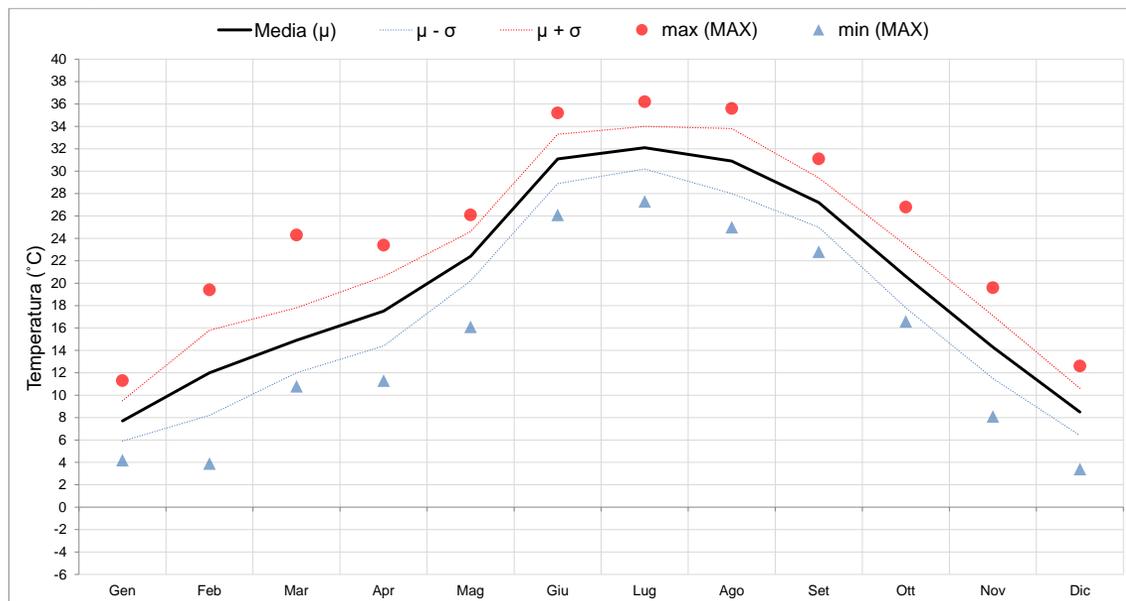
Si ricorda che è possibile utilizzare i dati e le elaborazioni previa citazione della fonte.

Fonte dati: ISPRA, ARPA Veneto, CPSM (Comune di Venezia)

Autori: Franco Crosato, Damiano Baldan, Marco Cordella, Elisa Coraci

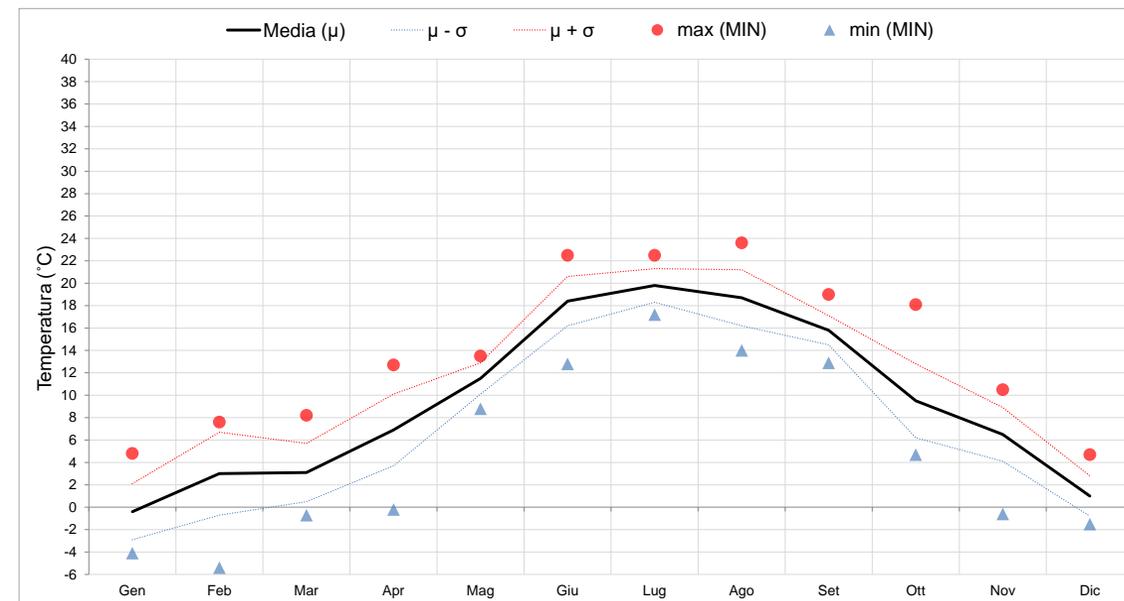
Meteorologia

Temperatura



Temperatura massima mensile - Anno 2021

Lido Meteo



Temperatura minima mensile - Anno 2021

L'analisi della temperatura è stata condotta separando le massime (figura a sinistra) dalle minime giornaliere (destra) e calcolando per ogni mese dell'anno 2021 la media (μ) e la sua variabilità (misurata dalla deviazione standard, σ), riportando inoltre i valori massimi e minimi assoluti registrati.

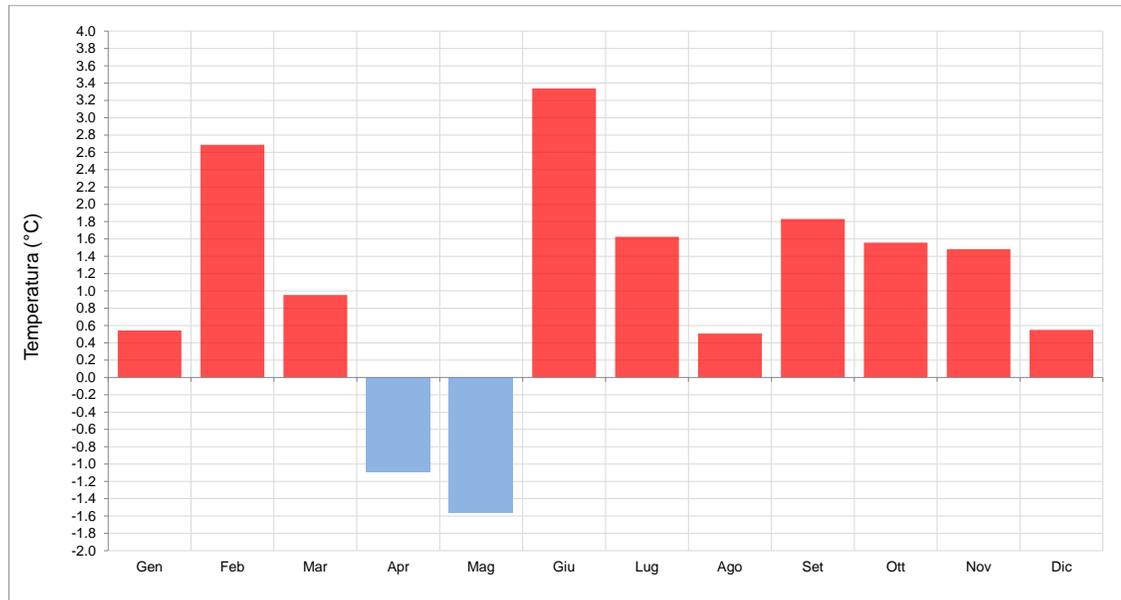
L'andamento della media delle temperature mensili riflette il naturale ciclo stagionale. La primavera si contraddistingue per la presenza di un evidente scarto tra i mesi di maggio e giugno, nella differenza tra i valori medi mensili, sia nei valori massimi (+8.7°C) che nei minimi (+6.9°C). Tutti i mesi mostrano una consistente variabilità nei valori massimi: la più marcata si evidenzia tra i mesi di febbraio e aprile con scostamenti compresi tra 12 e 15°C, mentre quella più contenuta (7°C) si registra nel mese di gennaio.

Per quanto riguarda i valori minimi, le variazioni più importanti si registrano a febbraio, aprile ed ottobre (circa 13°C), mentre i mesi più stabili risultano essere maggio e luglio, con scostamenti di 4-5°C.

La temperatura minima assoluta del 2021 è stata registrata il giorno 14 febbraio (-5.4°C), mentre quella massima è stata registrata il giorno 18 luglio (36.2°C).

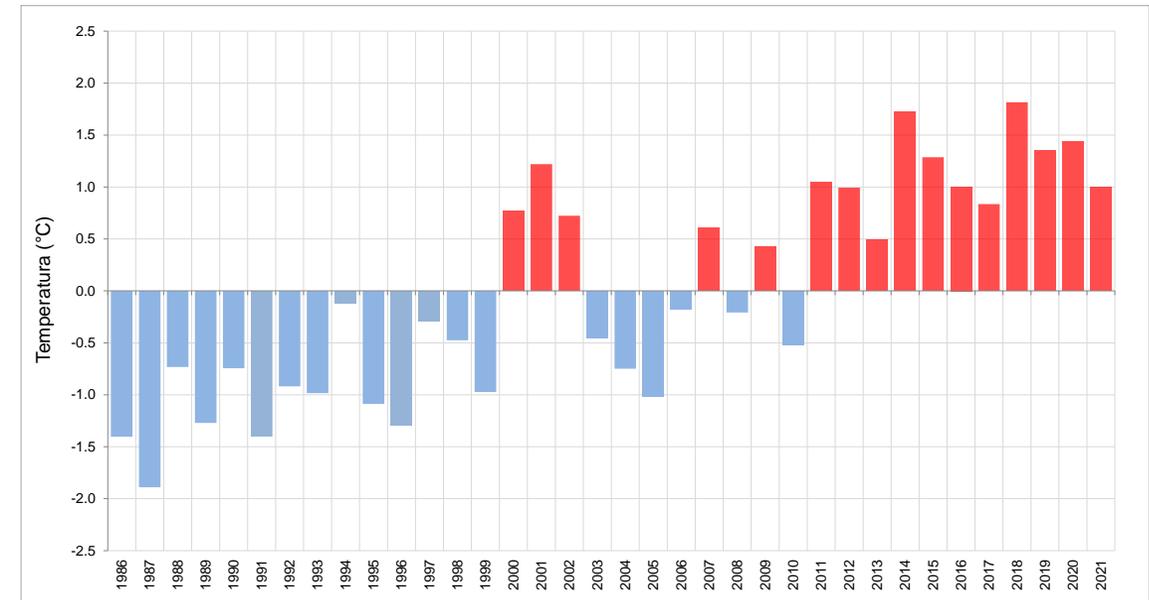
Meteorologia

Temperatura



Anomalie termiche mensili delle temperature medie massime del 2021 rispetto a 1986-2020

Lido Meteo



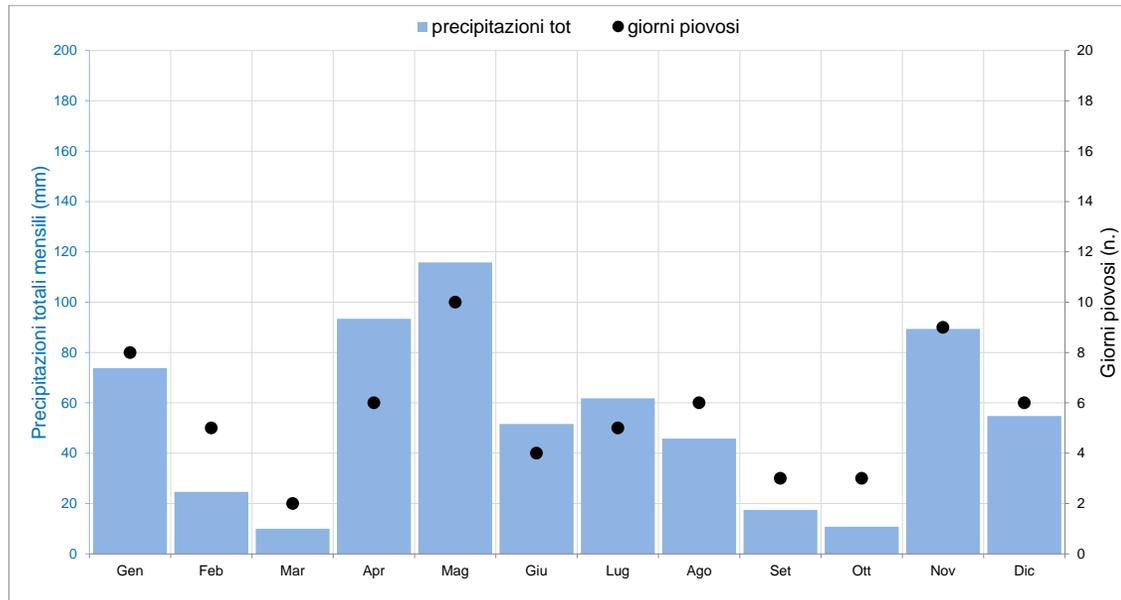
Anomalie termiche annuali delle temperature massime (1986-2021)

Analizzando il trend delle temperature massime, si riporta nel grafico di sinistra l'anomalia termica delle medie mensili del 2021 rispetto alle medie mensili dell'intero periodo precedente (1986-2020). Questi scostamenti indicano di quanto i valori di temperatura massima siano o meno in linea con il periodo considerato: si evidenzia come il mese di giugno abbia i valori massimi ben più elevati della media (+3.3°C), seguito da febbraio (+2.7°C); si registrano invece anomalie negative nei soli mesi di aprile e maggio (rispettivamente -1.1 e -1.6 °C).

Nel grafico di destra sono riportate le anomalie annuali, espresse come differenza della media annua delle temperature massime rispetto alla media dell'intero periodo considerato (1986-2021). Nel grafico si osserva una evidente discontinuità tra gli anni '90 e 2000, la quale riflette un deciso trend in crescita delle temperature medie massime nel corso del periodo in analisi. In particolare, il 2021 con un'anomalia di +1.0 °C rispetto alla media dell'intero periodo, conferma la tendenza positiva registrata a partire dal 2011, pur evidenziando una riduzione rispetto al triennio precedente.

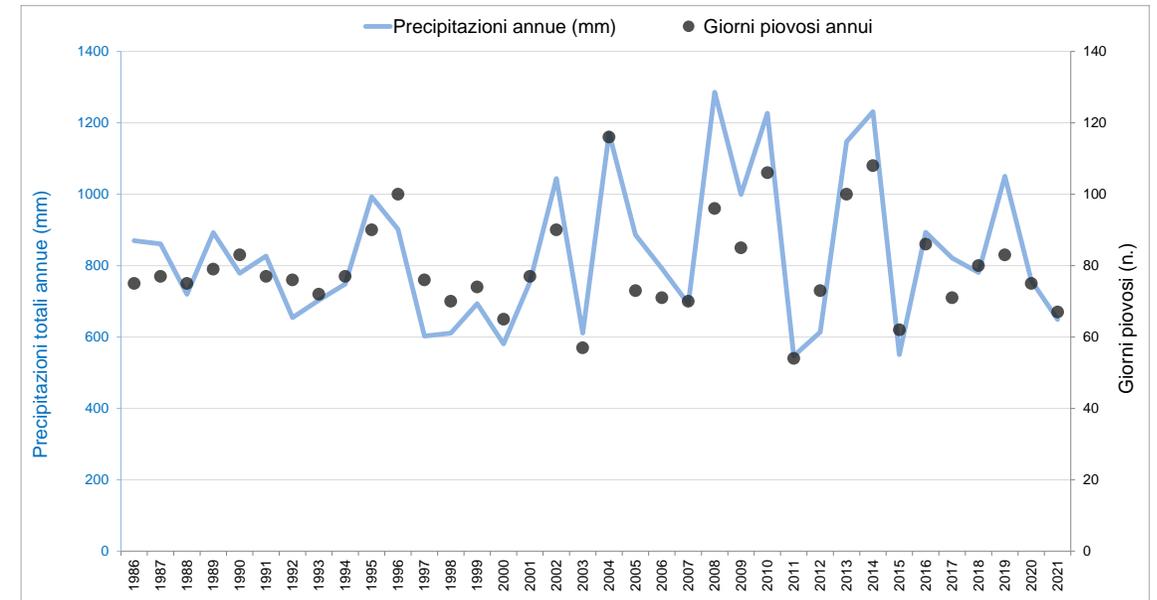
Meteorologia

Precipitazioni



Precipitazioni mensili e numero di giorni piovosi - Anno 2021

Lido Meteo

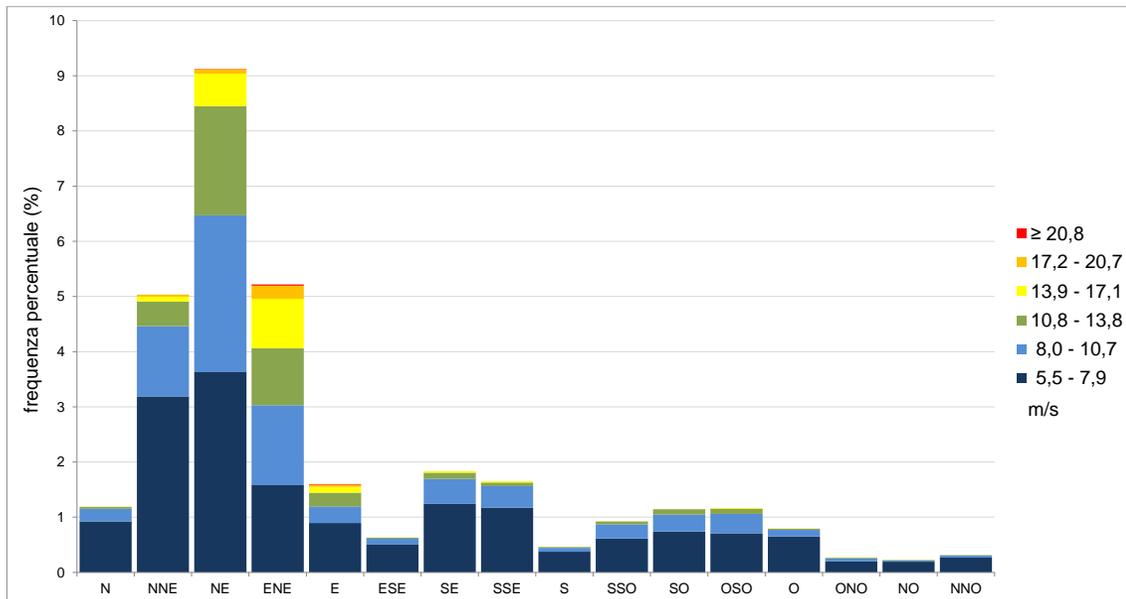


Precipitazioni annuali e numero di giorni piovosi (1986-2021)

Nel corso del 2021, le precipitazioni totali registrate presso la stazione Lido Meteo sono risultate pari a 649 mm, distribuite in 67 giorni piovosi. Il mese più piovoso è risultato essere maggio (116 mm, con 10 giorni piovosi), seguito da aprile (93 mm, in soli 6 giorni piovosi) e novembre (89 mm in 9 giorni) (figura a sinistra). I mesi più siccitosi sono risultati essere marzo e ottobre con 10 e 11 mm di pioggia caduta rispettivamente in 2 e 3 giorni, seguiti da settembre con 3 giorni piovosi e 17 mm di pioggia caduta. La serie storica delle precipitazioni totali e del numero di giorni piovosi (figura a destra) evidenzia un primo periodo (1986-1994) sostanzialmente costante per l'ammontare di precipitazioni ed il numero di giorni piovosi (mediamente 784 mm e 77 giorni piovosi per anno). Dal 1995 in poi, l'andamento diventa progressivamente più instabile con forti variazioni tra anni più piovosi (2004, 2008, 2010, 2013, 2014) e anni maggiormente secchi (1997, 1998, 2000, 2003, 2011 e 2015). Dopo un 2019 al di sopra della media del periodo, l'ultimo biennio fa invertire la tendenza e il 2021 registra 188 mm di pioggia in meno rispetto alla media dell'intero periodo precedente (837 mm), in 67 giorni piovosi rispetto agli 80 medi.

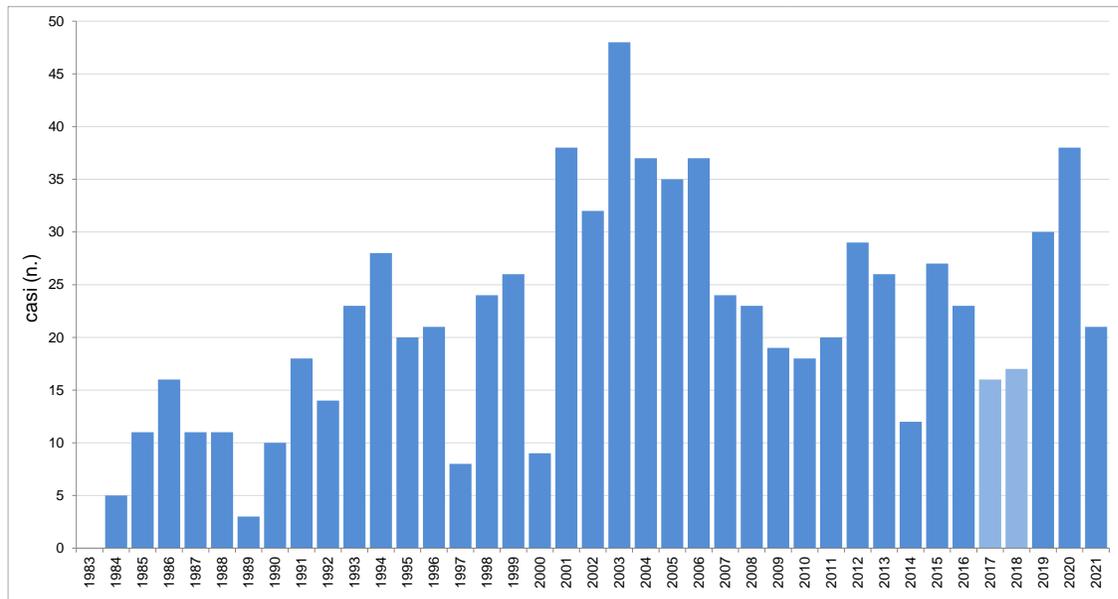
Meteorologia

Vento



Distribuzione della velocità del vento ≥ 5.5 m/s per classi d'intensità e settori di provenienza - Anno 2021

Piattaforma oceanografica Acqua alta



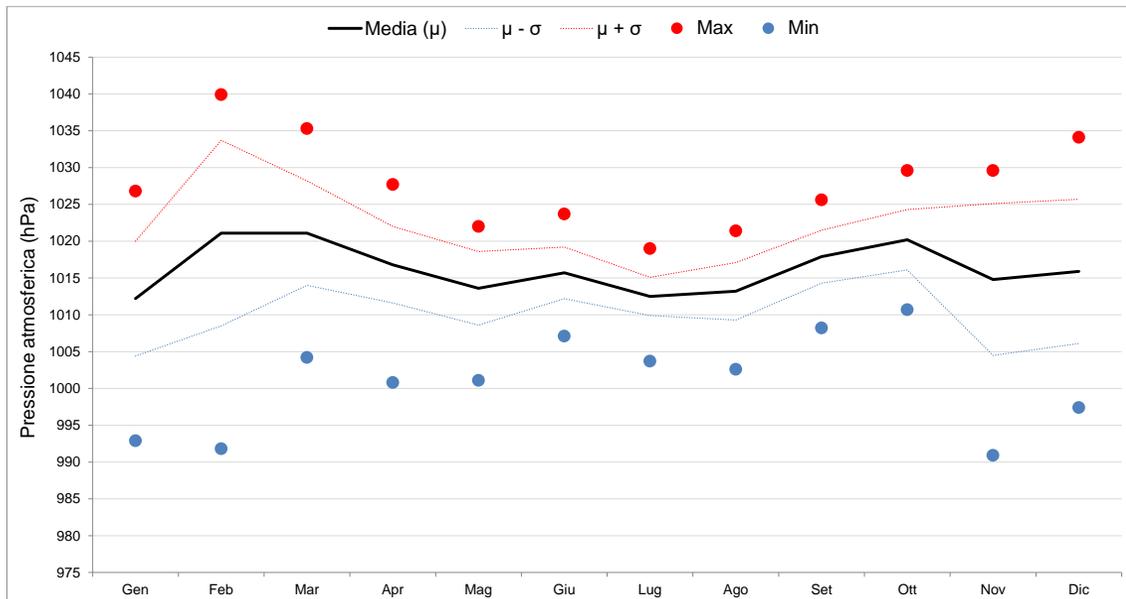
Casi annuali di vento significativo > 30 nodi (1983-2021) a Piattaforma e Lido diga sud (2017-2018)

L'analisi si è concentrata sui venti con intensità maggiore o uguale a 5.5 m/s registrati presso Piattaforma Acqua Alta (figura a sinistra), che nel 2021 rappresentano circa il 32% del totale, mentre il restante 68% è costituito da brezze e da calma di vento. Il regime dei venti di intensità ≥ 5.5 m/s è rappresentato per circa il 61% da quelli di provenienza dal primo quadrante (NNE, NE, ENE) e per il 13% da quelli provenienti dal secondo (ESE, SE, SSE).

Per quanto riguarda i casi di vento particolarmente intenso, con velocità superiore ai 30 nodi (figura a destra), il 2021 ha fatto registrare 21 casi. Nella serie storica disponibile si nota la presenza di anni particolarmente ventosi (1986, 1994, 2003, 2012, 2020) in un intorno di anni più "calmi". Il 2021 mostra una netta riduzione dei casi di vento significativo rispetto all'ultimo biennio, facendo registrare uno dei valori più bassi dell'ultimo decennio alla stazione di Piattaforma (il biennio 2017-2018 è rappresentato da dati provenienti dalla stazione di Lido Diga Sud, barre azzurro chiaro).

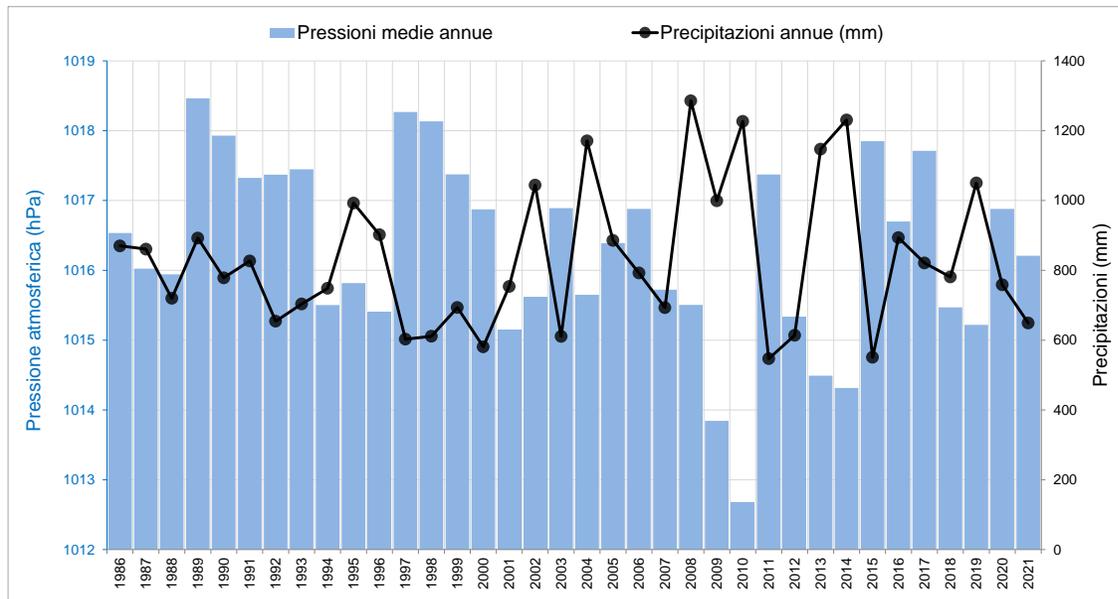
Meteorologia

Pressione



Pressione media mensile - Anno 2021

Lido Meteo



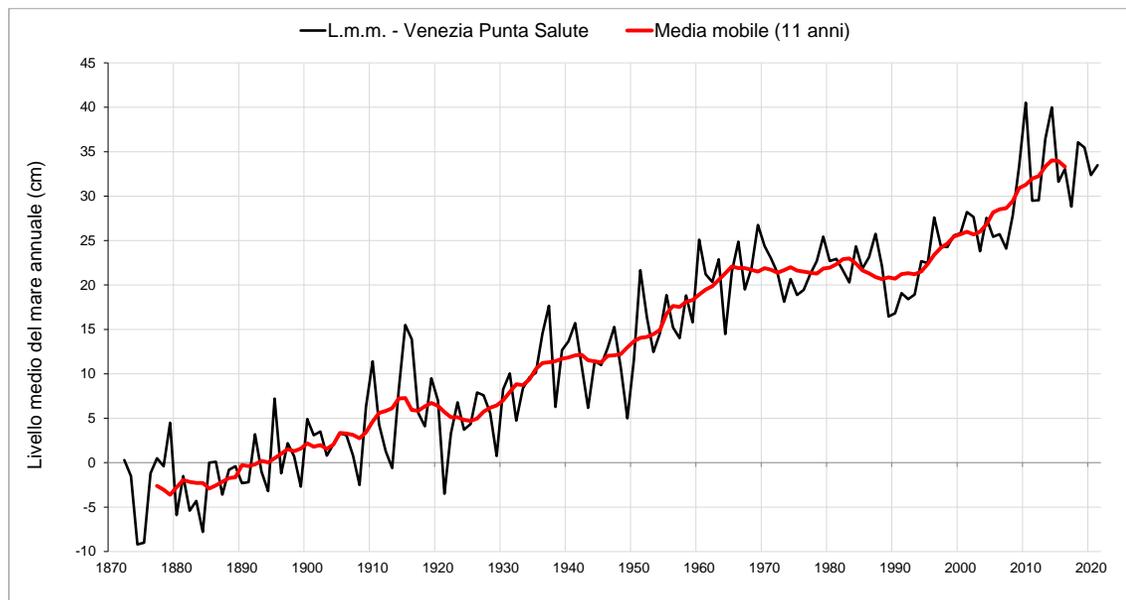
Pressione media e precipitazioni totali annuali (1986-2021)

L'andamento della pressione atmosferica media a Venezia (figura a sinistra) mostra il suo valore minimo (1012.2 hPa) nel primo mese del 2021, seguito da un evidente incremento che porta, nei mesi di febbraio e marzo, ai due valori medi mensili più alti dell'intero anno (1021.1 hPa). I restanti mesi non presentano notevoli scostamenti, con valori medi che oscillano nell'intorno di 1015 hPa, ad eccezione del mese di ottobre (1020.2 hPa). I mesi con la maggiore variabilità risultano essere febbraio, con circa 48 hPa di escursione barometrica e il bimestre novembre-dicembre con escursioni intorno ai 37-38 hPa. I mesi più stabili sono risultati invece quelli da giugno a ottobre con escursioni tra 15 e 19 hPa. La pressione media annuale è fortemente associata al regime piovoso (figura a destra): ad una bassa pressione corrisponde un tendenziale aumento delle precipitazioni e viceversa. Dall'inizio del XXI secolo si è evidenziato un aumento della variabilità nelle oscillazioni barometriche annuali. Tali variazioni comportano un'evidente ricaduta sull'ammontare totale delle precipitazioni: si veda, a solo titolo di esempio, l'eccezionale aumento tra l'anno 2003 e 2004 e, al contrario, la forte riduzione tra 2010-2011 e tra 2014-2015. Il 2021 non evidenzia oscillazioni particolari rispetto all'anno precedente, pur mostrando una modesta riduzione dei valori sia di pressione che di precipitazione.



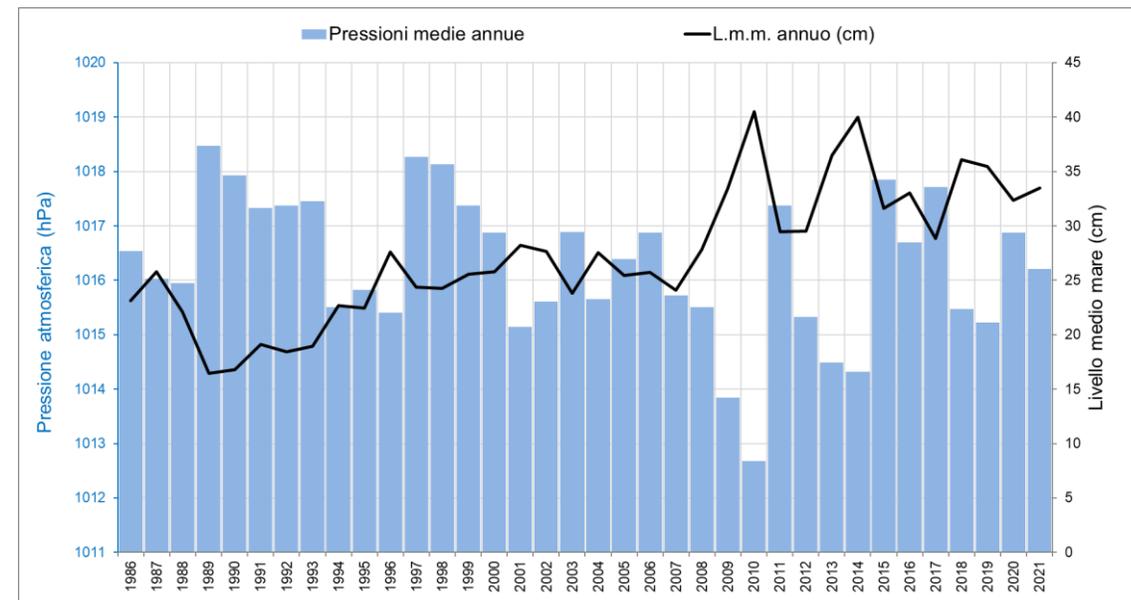
Mareografia

Livello medio del mare (LMM)



Livello medio mare annuale e media mobile (1872-2021)

Venezia - Punta della Salute

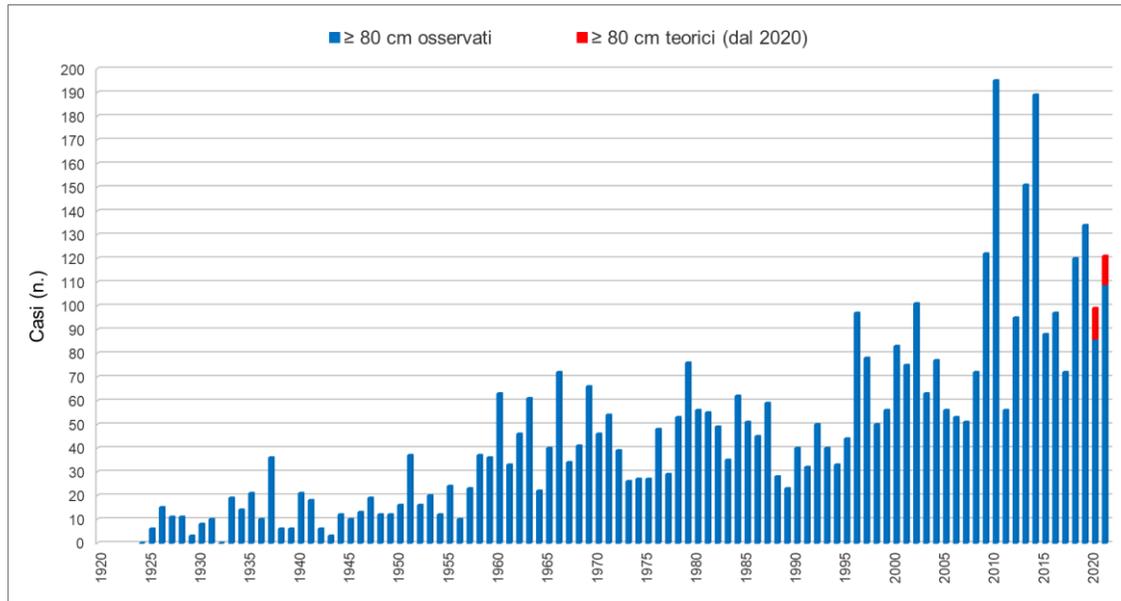


Livello medio mare e pressione atmosferica annuale (1986-2021)

Il livello medio del mare (l.m.m.) a Venezia è in tendenziale crescita sin dall'inizio delle registrazioni (1872). La variazione del l.m.m. locale riassume in sé fenomeni diversi: l'eustatismo (innalzamento degli oceani a causa dei cambiamenti climatici in atto su scala globale) e la subsidenza locale (perdita di quota per compattazione dei suoli). Le oscillazioni del l.m.m. evidenziano alcune fasi caratterizzate da relativa stabilità (approssimativamente tra il 1915 e il 1925 e tra il 1965 e il 1995) e altre caratterizzate da una forte pendenza (tra gli anni '30/'60 e il periodo che va da metà anni '90 ad oggi). Nel periodo 1872-2021, il tasso di innalzamento del l.m.m. si attesta sui 2.5 mm/anno, mentre nel periodo 1993-2021 il tasso è pari a 4.9 mm/anno. Dal confronto annuale del l.m.m. e della pressione media (figura a destra) si apprezza la loro relazione inversa, in particolare negli anni 2010, 2013, 2014, 2018, 2019 (i 5 valori di l.m.m. più alti della serie storica); lo stesso 2021 mostra lo stretto legame tra le due variabili. Dal 2020 con l'entrata in funzione del MoSE, per mantenere continua e aggiornata la serie storica ultracentenaria, il l.m.m. annuale di *Punta della Salute* viene integrato, nelle sole giornate di chiusura delle barriere mobili, con il l.m.m. giornaliero calcolato a *Piattaforma Acqua Alta*, valore considerato confrontabile con quanto si sarebbe registrato nella stazione lagunare senza azionamento del MoSE. Nel 2021 il valore così ricostruito (33.5 cm) risulta essere più elevato di 0.4 cm rispetto a quello effettivamente registrato (33.1 cm).

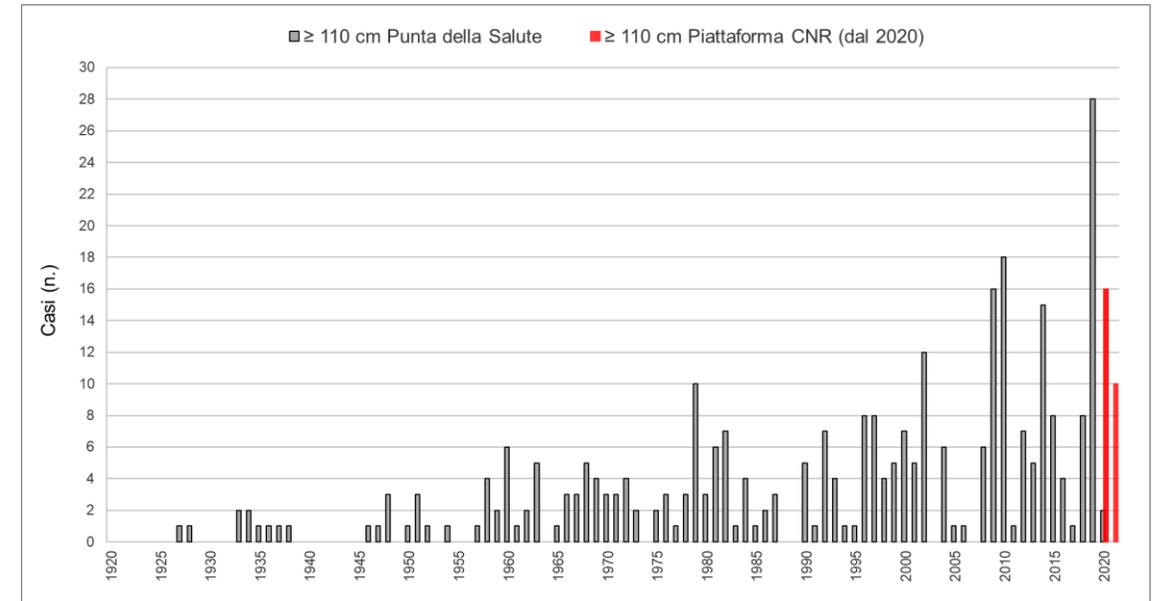
Mareografia

Frequenza acque alte



Frequenza dei casi di superamento quota 80 cm (1924-2021)

Venezia - Punta della Salute

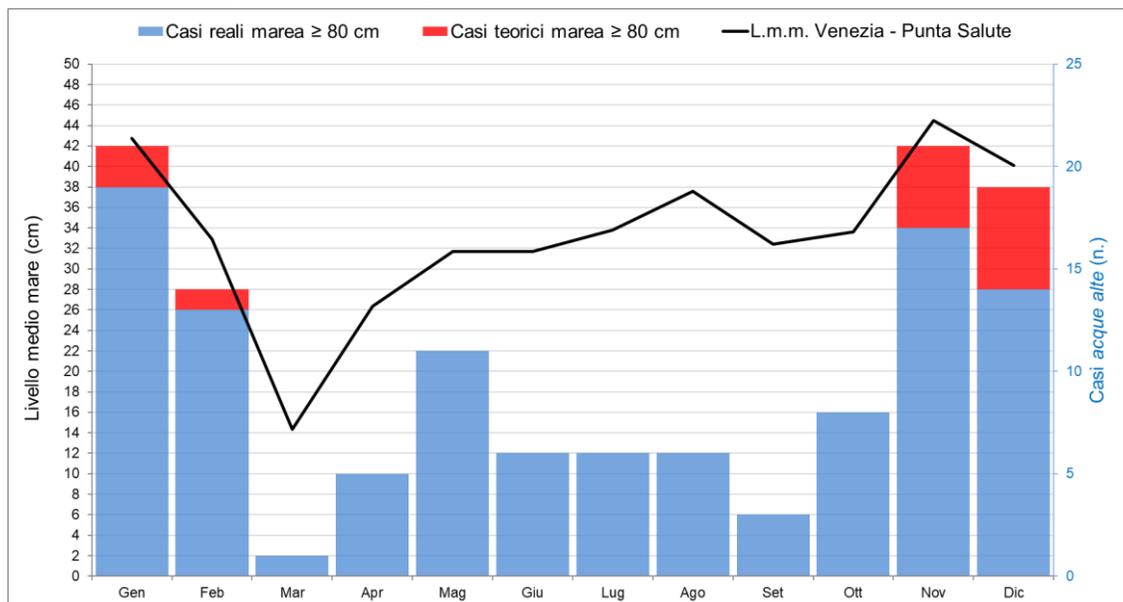


Frequenza dei casi di superamento quota 110 cm (1924-2021)

Collegata alla crescita del l.m.m. è la maggiore frequenza degli eventi di *acqua alta*. Nelle figure soprastanti sono riportati i casi dei massimi di marea, suddivisi per le classi di altezza più elevate, utili a rappresentare il numero di allagamenti del centro storico veneziano. In entrambe le figure, i valori dell'ultimo periodo (2009-21) mostrano una amplificazione del fenomeno. A partire dal 2020 l'attivazione delle paratoie del MoSE ha portato ad una differenziazione del numero di casi di acqua alta tra laguna e mare. Per registrare la "doppia" informazione, sulla figura di sinistra le barre del 2020 riportano in blu i casi di superamento quota + 80 cm sullo ZMPS (quota a cui Piazza San Marco inizia ad essere allagata) effettivamente verificatisi nel centro storico, e in rosso i casi "mancati", ovvero misurati soltanto esternamente alla laguna ma che si sarebbero di certo verificati anche all'interno senza l'azionamento delle paratoie mobili. Nella figura di destra, infine, si riportano i casi di acqua alta maggiori o uguali a +110 cm a *Punta Salute* (in grigio) e, dal 2020, anche a *Piattaforma* (in rosso). Tale rappresentazione permette di dare continuità alle osservazioni nel tempo: nel 2020 ci sono stati 2 superamenti di quota 110 cm sullo ZMPS nel centro storico veneziano e 16 in mare, mentre nel 2021 nessun superamento nel centro storico e 10 verificatisi in mare.

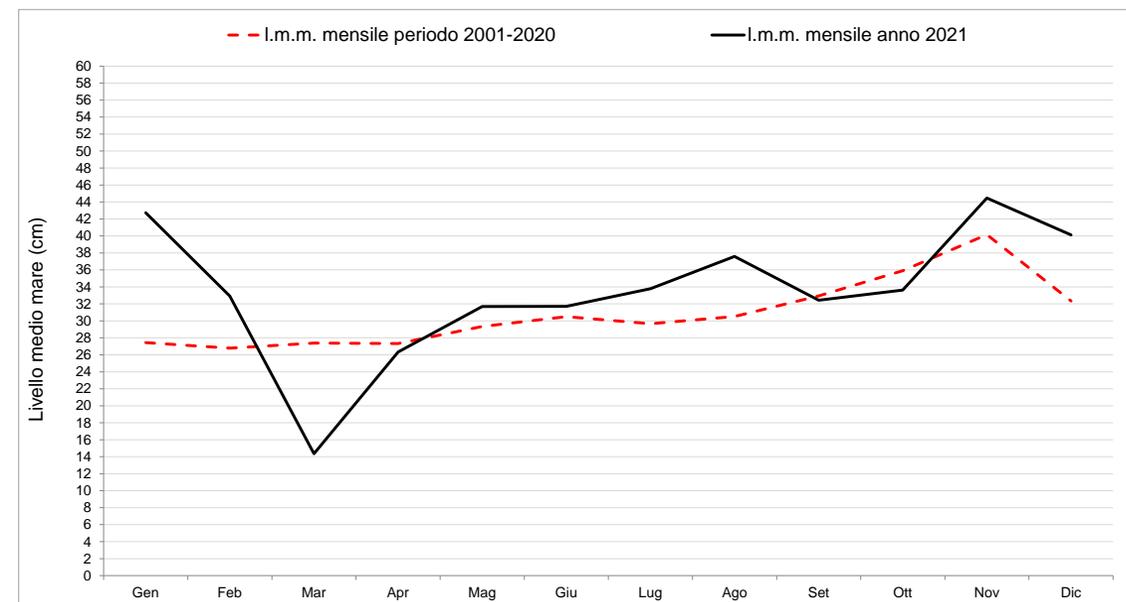
Mareografia

LMM e frequenza *acque alte*



Anno 2021 - Livello medio mare mensile e frequenza dei casi delle acque medio-alte e alte (≥ 80 cm).

Venezia - Punta della Salute



Livello medio mare mensile: confronto tra 2021 e ventennio precedente (2001-2020)

Nella figura di sinistra si riporta l'andamento mensile del livello medio del mare (curva spezzata) a confronto con il numero di casi di massimi di marea maggiori o uguali a 80 cm. In alcuni mesi dell'anno, parte della barra è colorata di rosso per rappresentare i casi di superamento quota +80 cm sullo ZMPS non effettivamente verificatisi all'interno della laguna perché bloccati dalle paratoie del MoSE, ovvero il numero di eventi $\geq +80$ cm realmente verificatisi in mare. Risultano quindi evidenti la forte concentrazione degli eventi nel periodo autunno-inverno e la forte anomalia del mese di maggio.

Per quanto riguarda la figura di destra, questa riporta ancora il l.m.m. mensile del 2021, messo a confronto con quello calcolato sul ventennio precedente (2001-2020): spicca su tutti il mese di marzo con un valore nettamente inferiore alla media (-13 cm), mentre sono proprio gli stessi mesi autunno-invernali a presentare i valori più alti, in particolare gennaio con 15 cm in più rispetto alla media. Da evidenziare anche la singolarità del l.m.m. di agosto, con il quarto valore più alto di tutto l'anno.

Altri prodotti: le previsioni di marea e la banca dati

Si ricorda che, relativamente alla Laguna di Venezia e all'arco costiero Nord Adriatico, ISPRA (Centro Nazionale per la caratterizzazione ambientale e la protezione della fascia costiera, la climatologia marina e l'oceanografia operativa - Area Maree e Lagune) pubblica quotidianamente nel proprio sito www.venezia.isprambiente.it le [elaborazioni modellistiche](#), aggiornate regolarmente, per le stazioni di *Punta della Salute*, *Burano*, *Chioggia Vigo*, *Chioggia diga Sud*, *Malamocco diga Nord*, *Lido diga Sud*, *Grado* e *Porto Caleri*. Sul portale vengono pubblicati anche altri prodotti aventi finalità specifiche come ad esempio i report relativi all'[analisi di eventi](#) eccezionali di "acqua alta", rapporti tecnici relativi ad analisi dati correntometrici e gps, l'annuale fascicolo di previsione della marea astronomica, ecc.

Appare inoltre utile ricordare che, alla sezione "[Dati](#)" del sito, sono disponibili i dati in tempo reale registrati presso le stazioni della RMLV. Nella stessa sezione sono inoltre disponibili e scaricabili i dati storici validati delle stazioni della RMLV.

Fonti e bibliografia

Le elaborazioni sono state effettuate su dati ISPRA, ARPA Veneto e CPSM (Comune di Venezia), aggiornati al 31.12.2021.

La figura di destra a pagina 6 è l'aggiornamento dei dati presenti in:

Massalin A., Canestrelli P., (2006), "Il vento nell'Adriatico settentrionale nel periodo 1983-2004. Analisi dei dati osservati dall'ICPSM alla Piattaforma *Acqua Alta* del CNR", pubbl. interna, Comune di Venezia - Istituzione CPSM