

### Fattori climatici

Cambiamenti nel regime delle precipitazioni e del conseguente bilancio tra apporti fluviali e marini; aumento della frequenza di eventi estremi. Variazioni del livello del mare. Variazioni della temperatura atmosferica con fenomeni di evaporazione dovuti alle basse profondità tipiche degli ambienti di transizione (lagune, stagni costieri e foci fluviali).

### Altri fattori

Azioni antropiche che hanno luogo sulle zone salmastre oppure sui fiumi che sfociano in esse o sui cordoni litoranei di separazione con il mare, che possono incidere indirettamente sugli ecosistemi di transizione.

### Caratterizzazione impatto



Gli ecosistemi di transizione sono da ritenersi altamente a rischio a causa dei cambiamenti climatici, in particolare in riferimento ai cambiamenti nel regime delle precipitazioni e degli apporti fluviali e marini.



Nelle lagune dell'Alto Adriatico la salinità varia da 0 a 35 secondo un gradiente spaziale che va dagli input di acqua dolce a quelli marini e fluttuazioni temporali influenzate dagli eventi meteorologici e stagionali. L'incremento degli eventi siccitosi estivi e invernali può provocare un aumento generale della salinità. Allo stesso tempo la marcata piovosità dei periodi primaverili e autunnali e l'aumento di frequenza degli eventi estremi possono causare brusche e repentine diminuzioni o aumenti di salinità. L'aumento del livello del mare influisce sul processo di marinizzazione delle lagune. La prevalenza dell'apporto dei fiumi o dei mari influisce negativamente appiattendolo il gradiente salino con effetti negativi sulla distribuzione delle specie e sulla biodiversità.

Le lagune sono così soggette anche alla diffusione di specie non indigene ed invasive.



### Relazione causa-effetto

Le alterazioni delle componenti climatiche possono generare modifiche delle precipitazioni, dei deflussi fluviali e degli apporti marini, anche in relazione all'aumento del livello del mare, con conseguenti variazioni della salinità, incidendo sugli habitat e sulle diverse specie.



Foto: Federico Pittaluga (ARPA FVG)

### Scenario futuro



Gli scenari climatici prevedono consistenti incrementi della temperatura del mare e delle lagune e una consistente riduzione degli apporti di acqua dolce. Alcuni studi di previsione al 2050 riportano che la diminuzione del deflusso fluviale, insieme all'aumento dell'evaporazione, porterà ad un aumento della salinità nel bacino adriatico. Fenomeni sito specifici possono portare ad un discostamento di tale tendenza.

Le significative fluttuazioni della salinità, insieme alla perdita del gradiente salino anche per via dell'aumento del livello del mare, hanno conseguenze negative sulle funzioni ecosistemiche tipiche degli ambienti di transizione e provocano un grave impatto sulle componenti vegetali, sulle comunità bentoniche ed ittiche e sulla biodiversità in genere.



## Numeri e messaggi chiave

I dati sono raggruppati per tipologia di corpo idrico di transizione in base alla salinità secondo la Direttiva 2000/60/CE: mesoalino, polialino ed eualino. La rete di monitoraggio disponibile prevede stazioni fisse o mobili con sonde in continuo, oppure stazioni monitorate ogni anno mensilmente/trimestralmente con rilievi puntuali. Negli ecosistemi di transizione considerati, i trend della salinità risultano sia in aumento che in diminuzione, in molti casi anche in modo significativo. Le diminuzioni potrebbero essere riconducibili a situazioni locali legate a interventi antropici specifici.

## Descrizione

Salinità dell'acqua delle lagune di Grado e Marano, Venezia e Delta del Po (Veneto ed Emilia-Romagna). L'elaborazione effettuata utilizzando i valori medi mensili e stagionali mostra il trend di variazione dell'indicatore.

## Scopo

Valutare la variazione della salinità e la tendenza nel tempo.

## Frequenza rilevazione dati

Sonde in continuo (Grado e Marano: luglio-novembre 2013-2023; Delta del Po Veneto: 2011-2023; Sacca di Goro 2002-2023; Valli di Comacchio 2009-2023).

Rilevazioni mensili/trimestrali (Laguna di Venezia 2011-2023; Delta del Po Veneto: 2008-2023; Sacca di Goro 2002-2023; Valli di Comacchio 2002-2023; Pialassa Baiona 2002-2023)

## Unità di misura

La scala di salinità pratica, definita come rapporto di conducibilità, non ha unità di misura

## Periodicità di aggiornamento

Annuale

## Copertura temporale

2002-2023

## Copertura spaziale

Lagune di Grado e Marano, Venezia e Delta del Po (Veneto ed Emilia-Romagna).

## Riferimenti/obiettivi fissati dalla normativa

Nessun riferimento/obiettivo fissato dalla normativa

## Metodologia di elaborazione

I dati sono raggruppati per tipologia di corpo idrico ai sensi della Direttiva 2000/60/CE: mesoalino, polialino ed eualino. I rilievi semiorari/orari delle sonde in continuo sono su stazioni fisse e sono mediati mensilmente. Per la laguna di Grado e Marano, i rilievi in continuo sono su stazioni mobili; vengono considerati per l'intero periodo di rilievo e anche mediati per le due stagioni disponibili: estate (luglio-settembre) e autunno (ottobre-novembre). I rilievi puntuali trimestrali/mensili, eseguiti sulle stesse stazioni ogni anno con sonda CTD, sono mediati stagionalmente. Andamento e trend sono analizzati mediante il Seasonal Kendall Test.

## Criteri di selezione

### Rilevanza - utilità

- Portata nazionale/applicabile a temi ambientali a livello regionale di significato nazionale
- Descrive il trend in atto e l'evolversi della situazione ambientale
- Semplice e facile da interpretare
- Sensibile ai cambiamenti nell'ambiente/collegato alle attività antropiche
- Rappresentativo di condizioni ambientali, Pressioni sull'ambiente, risposte della società, obiettivi normativi
- Fornisce una base per confronti a livello internazionale
- Ha una soglia o un valore di riferimento con il quale poterlo confrontare, in modo che si possa valutare la sua significatività

### Misurabilità

- Documentato e di qualità nota (accessibilità)
- Aggiornato secondo fonti e procedure affidabili (tempestività e puntualità)
- Disponibile su un rapporto costi/benefici
- Buona copertura spaziale
- Copertura temporale > 10 anni

### Solidità scientifica

- Basato su standard nazionali/internazionali
- Ben fondato in termini tecnici e scientifici
- Correlato a modelli economici, Previsioni e sistemi di informazione
- Attendibile e affidabile Per metodi di misura e raccolta dati
- Comparabile nel tempo
- Comparabile nello spazio

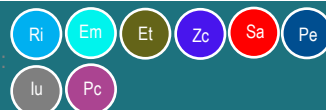




Foto: Silvia Pigozzi (ARPAE Emilia-Romagna)

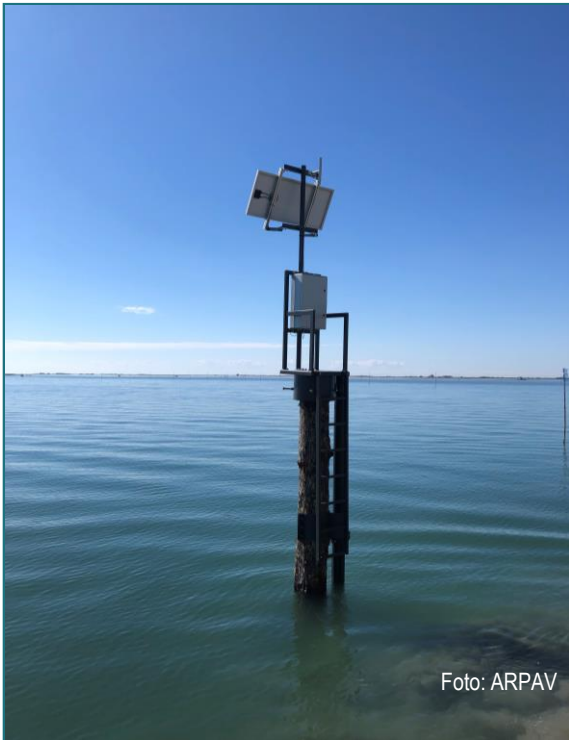


Foto: ARPAV

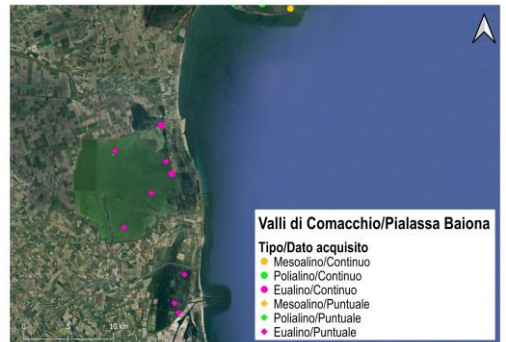
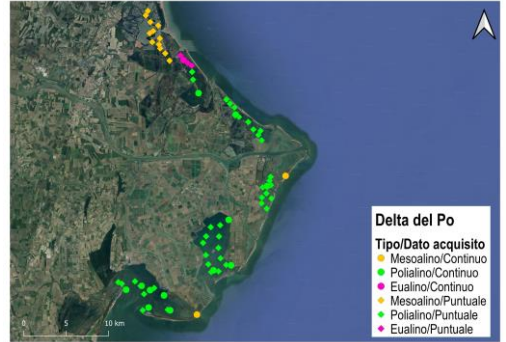
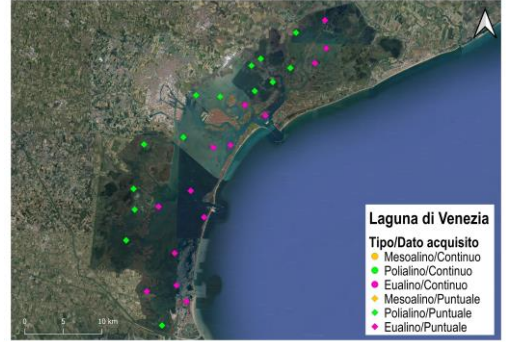
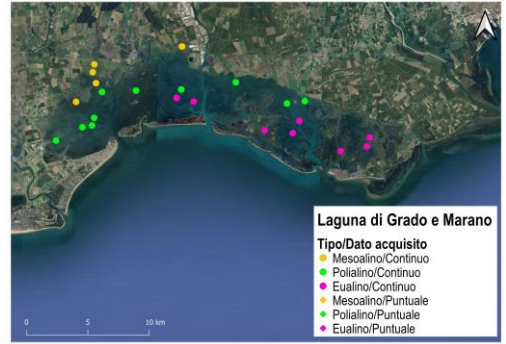
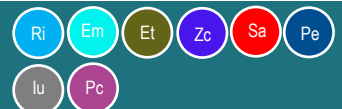


Figura 1 – Stazioni di monitoraggio della salinità delle lagune dell'Alto Adriatico.





Laguna	Tipo	Anni	Periodo	Dato	Salinità	
					Trend	Test
Grado e Marano	Mesoalino	2013-2023	Lug-Nov	Continuo	↗	ns
	Polialino	2013-2023	Lug-Nov	Continuo	↗	ns
	Eualino	2013-2023	Lug-Nov	Continuo	↗	ns
	Mesoalino	2013-2023	EST (Lug-Set)	Continuo	↗	ns
	Polialino	2013-2023	EST (Lug-Set)	Continuo	↗	ns
	Eualino	2013-2023	EST (Lug-Set)	Continuo	↗	*
Laguna di Venezia	Mesoalino	2013-2023	AUT (Ott-Nov)	Continuo	↗	ns
	Polialino	2013-2023	AUT (Ott-Nov)	Continuo	↗	ns
	Eualino	2013-2023	AUT (Ott-Nov)	Continuo	↗	ns
Delta del Po Veneto	Polialino	2011-2023	Tutto l'anno	Trimestrale	↗	**
	Eualino	2011-2023	Tutto l'anno	Trimestrale	↗	**
	Mesoalino	2008-2023	Tutto l'anno	Trimestrale	↗	*
Delta del Po Veneto	Mesoalino	2008-2023	Tutto l'anno	Trimestrale	↗	*
	Polialino	2008-2023	Tutto l'anno	Trimestrale	↗	*
	Eualino	2008-2023	Tutto l'anno	Trimestrale	↗	*
Sacca di Goro	Mesoalino	2011-2021	Tutto l'anno	Continuo	↘	**
	Polialino	2011-2021	Tutto l'anno	Continuo	↗	ns
	Eualino	2011-2021	Tutto l'anno	Continuo	↗	ns
Valli di Comacchio	Polialino	2002-2023	Tutto l'anno	Trimestrale	↘	*
	Mesoalino	2002-2023	Tutto l'anno	Continuo	↘	***
	Polialino	2002-2023	Tutto l'anno	Continuo	↘	*
Pialassa Baiona	Eualino	2002-2023	Tutto l'anno	Trimestrale	↗	***
	Eualino	2009-2023	Tutto l'anno	Continuo	↗	***
Pialassa Baiona	Eualino	2002-2023	Tutto l'anno	Trimestrale	↗	ns
	Eualino	2002-2023	Tutto l'anno	Trimestrale	↗	ns

Legenda: ns = non significativo, \* < 0.05, \*\* < 0.01, \*\*\* < 0.001

Tabella 1 – Trend della salinità nelle lagune dell'Alto Adriatico.

## Fonte e accessibilità

Grado e Marano: i dati sono di proprietà di ARPA FVG  
Laguna di Venezia e Delta del Po (Veneto): dati scaricabili dal portale Open Data ARPAV.

Delta del Po (Emilia-Romagna), Valli di Comacchio e Pialassa Baiona: i dati sono di proprietà di ARPAE Emilia-Romagna

## Qualità dell'informazione

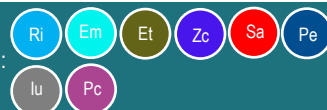
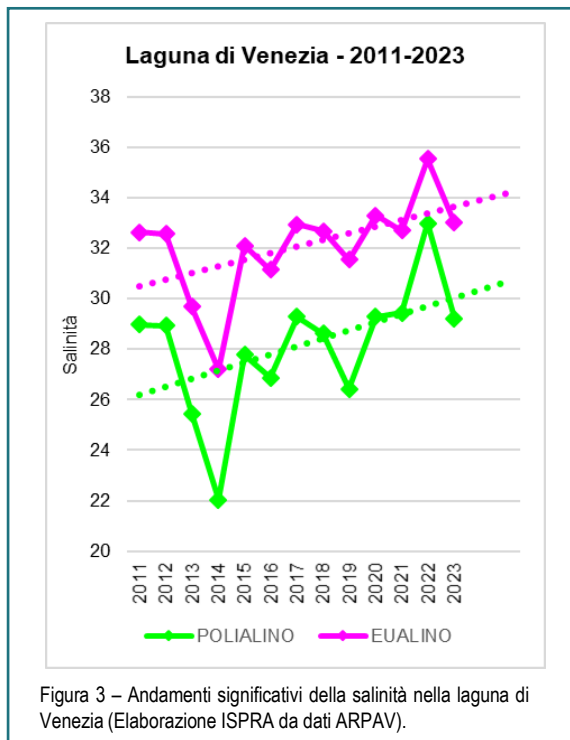
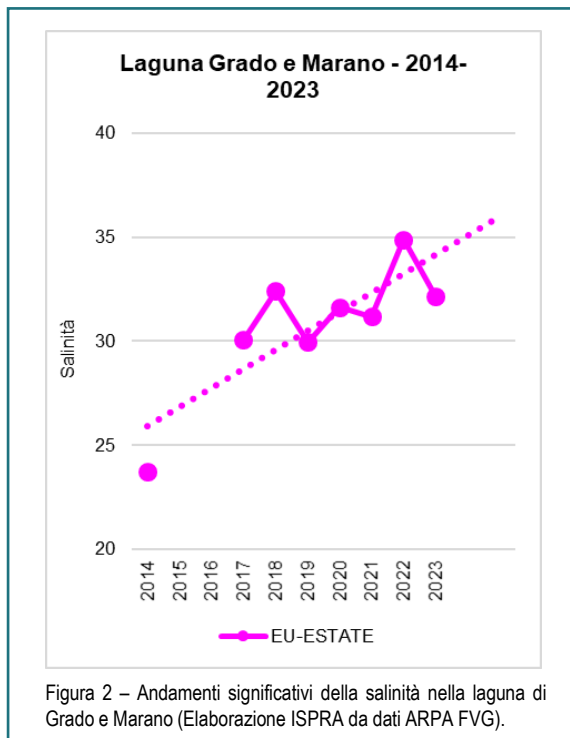
La metodologia di rilevamento e di elaborazione è ben consolidata, ma è normalmente utilizzata per finalità diverse dal monitoraggio degli impatti dei cambiamenti climatici.

## Limitazioni e possibili azioni

Possibili guasti ai sensori della salinità della sonda multiparametrica impediscono la corretta acquisizione del dato in situ. La frequenza di campionamento dei rilievi puntuali può rappresentare un limite nell'evidenziare la variabilità temporale del sistema. Il numero e la localizzazione delle sonde in continuo può rappresentare un limite nell'evidenziare la variabilità spaziale.

## Riferimenti bibliografici

1. Hirsch R.M., Slack J.R., Smith R.A. (1982). Techniques of trend analysis for monthly water quality data. *Water Resources Research* 18(1): 107–121.
2. PNACC Piano Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici – Rapporto Ambientale – Gennaio 2023.
3. UNESCO (1985) The international system of units (SI) in oceanography, UNESCO Technical Papers No. 45, IAPSO Pub. Sci. No. 32, Paris, France





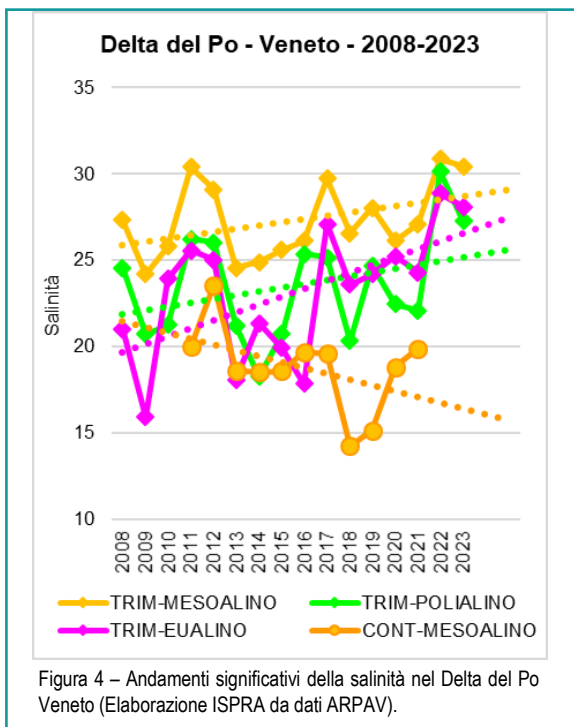


Figura 4 – Andamenti significativi della salinità nel Delta del Po Veneto (Elaborazione ISPRA da dati ARPAV).

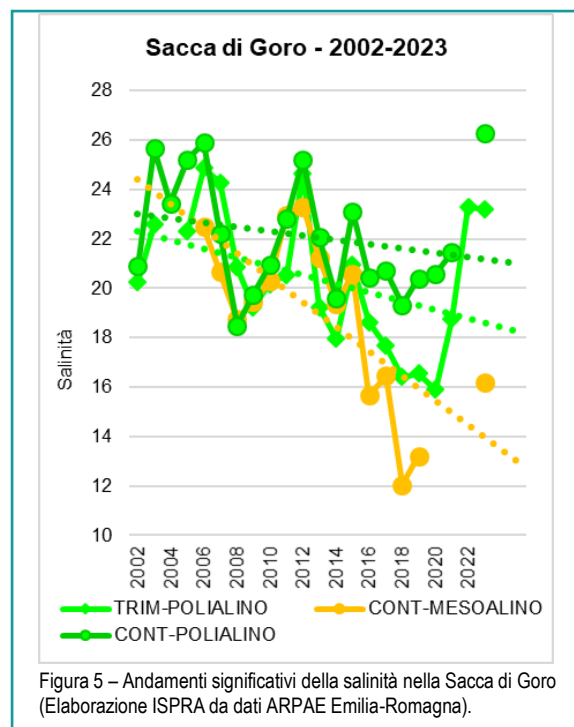


Figura 5 – Andamenti significativi della salinità nella Sacca di Goro (Elaborazione ISPRA da dati ARPAE Emilia-Romagna).

## Commento al trend



Negli ambienti di transizione considerati, i trend della salinità risultano generalmente in aumento, mentre in alcuni casi specifici in diminuzione. Per la maggior parte i trend sono statisticamente significativi. Nella laguna di Grado e Marano l'aumento di salinità è significativo in estate nei corpi idrici eualini. In laguna di Venezia e nel Delta del Po Veneto il trend è in significativo aumento in tutti i tipi, solo considerando i dati trimestrali, mentre nelle Valli di Comacchio l'aumento è significativo per entrambe le tipologie di dato (sia continuo che puntuale).

Nel Delta del Po Veneto, il trend dei rilievi della sonda in continuo del tipo mesoalino è, invece, in significativa diminuzione; così come in Sacca di Goro per tutte le tipologie di dato e corpo idrico considerate. In questi siti l'andamento della salinità potrebbe essere fortemente influenzato da interventi antropici localizzati.

Referenti: Federica Cacciatore, Valentina Bernarello, Rossella Boscolo Brusà (ISPRA); Alessandro Acquavita, Federico Pittaluga (ARPA FVG); Marta Novello (ARPAV); Silvia Pigozzi (ARPAE Emilia-Romagna)

E-mail: federica.cacciatore@isprambiente.it

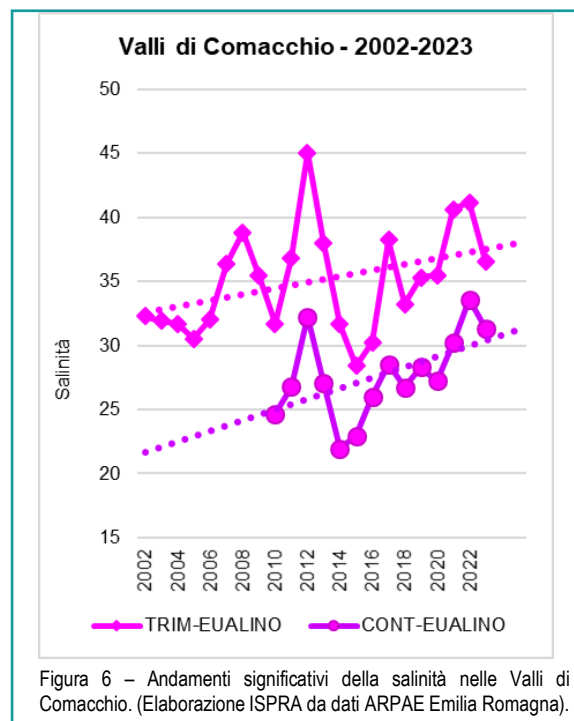


Figura 6 – Andamenti significativi della salinità nelle Valli di Comacchio. (Elaborazione ISPRA da dati ARPAE Emilia Romagna).

