

# BIODIVERSITÀ ED ECOSISTEMI



## SEGNALI DAL CLIMA IN FVG (2023):

L'ACQUA SALE, LE PIANTE SOFFRONO: LE BARENE LAGUNARI E IL CAMBIAMENTO CLIMATICO	54
LE FANEROGAME SOMMERSE VISTE DA VICINO	58
CLIMA, PAESAGGIO E PIANTE ALIENE: L'INVASIONE SILENZIOSA	60

# BIODIVERSITÀ ED ECOSISTEMI

estratto da:

## SEGNALI DAL CLIMA IN FVG

CAMBIAMENTI - IMPATTI - AZIONI

maggio 2023

notizie dal

Gruppo di lavoro tecnico-scientifico

Clima FVG

*“Segnali dal Clima in FVG” è realizzato da:*

**ARPA FVG - Agenzia Regionale per la Protezione dell'Ambiente del Friuli Venezia Giulia**

*nell'ambito dell'attività di coordinamento e segreteria del “Gruppo di lavoro tecnico scientifico Clima FVG” istituito dalla Regione Autonoma Friuli Venezia Giulia con Decreto DC Difesa dell'ambiente, energia e sviluppo sostenibile, n. 2137 del 04/05/2022*

**Coordinamento editoriale:**

**Federica Flapp, Fulvio Stel**

**Elaborazione grafica:**

**Ester Curci, Federica Flapp, Michela Mauro**

**“Segnali dal Clima in FVG” ospita articoli firmati da vari autori: ciascun autore è responsabile per i contenuti (testi, dati e immagini) dei propri articoli ed esclusivamente di essi.**

**ARPA FVG, gli altri enti del “Gruppo di lavoro tecnico scientifico Clima FVG” e i singoli autori non sono responsabili per l'uso che può essere fatto delle informazioni contenute in questa pubblicazione.**

**Ove non diversamente specificato, le immagini sono state fornite dagli autori dei diversi contributi, che se ne assumono la responsabilità, o sono tratte da:**

<https://pixabay.com/it/>

<https://www.google.com/maps>

<https://it.freepik.com/>

**La foto di copertina è di Agostino Manzato.**

**ARPA FVG**

**Via Cairoli, 14 - 33057 Palmanova (UD)**

**Tel +39 0432 922 611 - Fax +39 0432 922 626**

**[www.arpa.fvg.it](http://www.arpa.fvg.it)**

**<https://twitter.com/arpafvg>**

**Questo prodotto è rilasciato con licenza Creative Commons - Attribuzione 4.0 Internazionale (CC BY 4.0):**

**Può essere quindi utilizzato citando la fonte, nel rispetto delle condizioni qui specificate:**

**informazioni generali <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.it>**

**licenza <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/legalcode.it>**



# Segnali dal Clima

*Segnali dal Clima in FVG* è una pubblicazione divulgativa che racconta i cambiamenti climatici partendo da un'ottica locale e regionale e affronta questo grande tema da tre prospettive: CAMBIAMENTI, IMPATTI, AZIONI.

Nasce dall'impegno del Gruppo di lavoro tecnico-scientifico Clima FVG e dalla convinzione che le sfide che i cambiamenti climatici pongono alla nostra società si possano affrontare efficacemente solo se allo sviluppo scientifico e tecnologico si accompagnano una crescita della conoscenza e una consapevolezza sempre più diffusa sul tema da parte di tutta la popolazione.

*Segnali dal Clima* affronta diversi aspetti dei cambiamenti climatici partendo dal racconto di eventi e situazioni che hanno riguardato il Friuli Venezia Giulia nel 2022, ma anche evidenziando come la dimensione locale sia collegata a quella globale attraverso riferimenti a eventi e situazioni verificatisi al di fuori della nostra regione e su scala più ampia.

Al racconto degli eventi e dei fenomeni si accompagnano le spiegazioni delle cause che li hanno prodotti. Un filo rosso - CAMBIAMENTI, IMPATTI, AZIONI - unisce i diversi articoli, i nostri "segnali dal clima", collegando i cambiamenti in atto con i loro effetti sull'ambiente e sulle attività umane, ma anche con le azioni che possiamo mettere in campo sia per limitare il riscaldamento globale e i cambiamenti del clima (mitigazione) che per ridurre gli impatti che ne conseguono (adattamento).

Il 2022 è stato l'anno più caldo mai registrato in Friuli Venezia Giulia: alle alte temperature si è associata una grave e prolungata siccità, che ha determinato pesanti conseguenze per il nostro territorio. Alle criticità più acute che hanno occupato le pagine dei giornali per diversi mesi si affianca però un flusso più graduale e meno evi-dente di effetti che si manifestano negli anni. Il racconto parte quindi dagli argomenti più propriamente "climatici" - a iniziare dalle temperature dell'aria e dalle precipitazioni e dai loro effetti sul mare e sui ghiacci - e indaga poi alcuni ambiti in cui gli effetti dei cambiamenti climatici si manifestano in Friuli Venezia Giulia: dalle modifiche graduali, ma profonde, degli ecosistemi, agli incendi che hanno devastato i nostri boschi nell'estate 2022, all'agricoltura, mettendo in luce alcune possibili risposte e soluzioni e come queste emergano dalle conoscenze prodotte dagli enti scientifici e di ricerca e dalle attività delle agenzie e strutture regionali.

*Segnali dal Clima in FVG* non è quindi un report sullo "stato del clima" in Friuli Venezia Giulia: non ha l'obiettivo di fornire un quadro completo ed esaustivo della tematica, non ne esplora tutti gli aspetti e i settori ambientali e socioeconomici coinvolti, non passa in rassegna tutte le conoscenze disponibili. È però, appunto, un segnale: un segnale di cosa sta accadendo, di quanto sia importante prenderne coscienza ed agire, di come la società, la pubblica amministrazione e il mondo scientifico si stiano già attivando.

*Il gruppo di lavoro tecnico-scientifico  
Clima FVG*

## L'ABC DEL CLIMA

Per rendere gli argomenti accessibili a tutti, negli articoli sono inseriti alcuni box a sfondo arancione pensati per avvicinare al pubblico alcuni termini e concetti tecnico-scientifici a cui è necessario fare riferimento quando si spiegano argomenti e fenomeni collegati ai cambiamenti climatici.

## DAL LOCALE AL GLOBALE

Con uno sfondo grigio sono evidenziati gli articoli che riportano notizie e informazioni relative a realtà extra-regionali e che ci consentono di ampliare la nostra visione, collegando ciò che avviene in Friuli Venezia Giulia con conoscenze generali e con fenomeni a scala più ampia.

## Gruppo di lavoro Clima FVG

Il “Gruppo di lavoro tecnico-scientifico Clima FVG” istituito dalla Regione autonoma Friuli Venezia Giulia nel 2022 riunisce le eccellenze tecniche e scientifiche presenti in FVG, in grado di fornire all’Amministrazione regionale e a tutti gli enti e soggetti del FVG le conoscenze più aggiornate per affrontare i cambiamenti climatici sul nostro territorio.

Ad ARPA FVG è stato affidato il coordinamento del team, che è composto da esperti di ICTP, OGS, CNR, delle Università di Udine e di Trieste e della stessa Regione: gli stessi che avevano elaborato e pubblicato, nel 2018, il primo **Studio conoscitivo dei cambiamenti climatici e di alcuni loro impatti in Friuli Venezia Giulia**.

Il Gruppo di lavoro Clima FVG innanzitutto facilita la condivisione e la collaborazione tra i soggetti esperti che in regione producono conoscenze tecnico-scientifiche sui cambiamenti climatici e sui loro effetti.

Fornisce quindi un **orientamento** e un **supporto consultivo alla pianificazione** regionale delle azioni per il clima e in particolare per **l’adattamento ai cambiamenti climatici**.

L’attività del gruppo di lavoro Clima FVG favorisce anche il **trasferimento delle conoscenze** scientifiche ai tecnici che le applicano sul territorio.

E infine, tutti i componenti del gruppo di lavoro credono che sia indispensabile divulgare queste **conoscenze alla cittadinanza**, promuovendo quella che si chiama **“climate literacy”** ovvero **l’alfabetizzazione climatica**, che mette ciascuno di noi in condizione di comprendere la propria influenza sul clima e l’influenza del clima su ciascuna persona e sulla società.

La redazione di “Segnali dal Clima in FVG” è un primo passo per dare concretezza a questo fondamentale obiettivo

## Chi siamo?



ARPA FVG – Agenzia Regionale per la Protezione dell’Ambiente



Fulvio Stel (coordinatore) e Federica Flapp



CNR - Istituto di Scienze Marine di Trieste



Fabio Raicich



CNR - Istituto di Scienze Polari



Renato Colucci



ICTP - International Centre for Theoretical Physics di Trieste



Filippo Giorgi



OGS - Istituto nazionale di oceanografia e di geofisica sperimentale di Trieste:



Cosimo Solidoro



Regione autonoma Friuli Venezia Giulia



Silvia Stefanelli ed Enzo Dall’Osto



Università degli Studi di Trieste



Giovanni Bacaro



Università degli Studi di Udine



Alessandro Peressotti

# L'ACQUA SALE, LE PIANTE SOFFRONO: LE BARENE LAGUNARI E IL CAMBIAMENTO CLIMATICO

L'innalzamento del livello medio del mare sta colpendo i nostri sistemi marini e costieri e altera il rapporto tra gli organismi e l'ambiente in ecosistemi molto fragili come quelli lagunari. Le barene sono un sistema sorretto da un instabile equilibrio tra piante, maree e sedimento, ma rappresentano un elemento cruciale per l'intera biodiversità lagunare. L'aumento della sommersione sta minando questo equilibrio poiché compromette la capacità acclimatativa delle piante e innesca la regressione e potenziale scomparsa di questi importanti tasselli paesaggistici.



L'attuale tasso di innalzamento del livello del mare rappresenta la principale minaccia agli ambienti costieri e alle lagune, alterando molteplici servizi ecosistemici che questi ambienti forniscono alla società. I sistemi intertidali lagunari, compresi all'interno dell'intervallo di escursione delle maree, sono molto sensibili all'innalzamento del livello del mare, che ne aumenterà i livelli di sommersione.

## UNA QUESTIONE DI ACQUA, TERRA E PIANTE

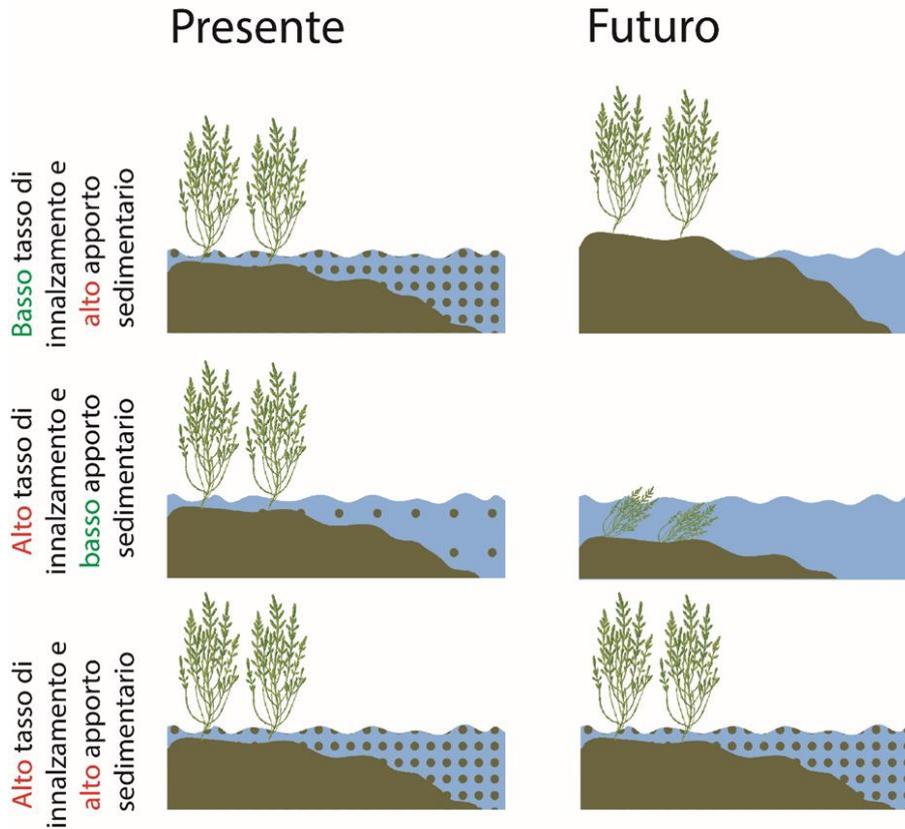
Le barene sono cruciali tasselli che compongono il mosaico lagunare e possiamo definirli come

corpi sedimentari composti da materiali fini trasportati dalle maree e successivamente stabilizzati dalla presenza della vegetazione.

Le barene possono essere definite come 'ecosistemi sentinella' essendo in grado di fornire indicazioni sui cambiamenti regionali e globali.

L'integrità delle barene dipende principalmente dall'interazione di due fattori, il bilancio sedimentario e l'intensità di sommersione, dipendente a sua volta dai cicli tidali e dal livello medio del mare. Questi due fattori hanno delle forti implicazioni nel modello evolutivo di una barena.

Possibili evoluzioni delle barene



Schema evolutivo delle barene nell'ottica dell'innalzamento del livello marino

In particolar modo a bassi tassi di innalzamento del livello del mare congiunti ad un bilancio sedimentario positivo, si può verificare un adeguamento della barena con il fenomeno di **accrezione**.

## ACCREZIONE

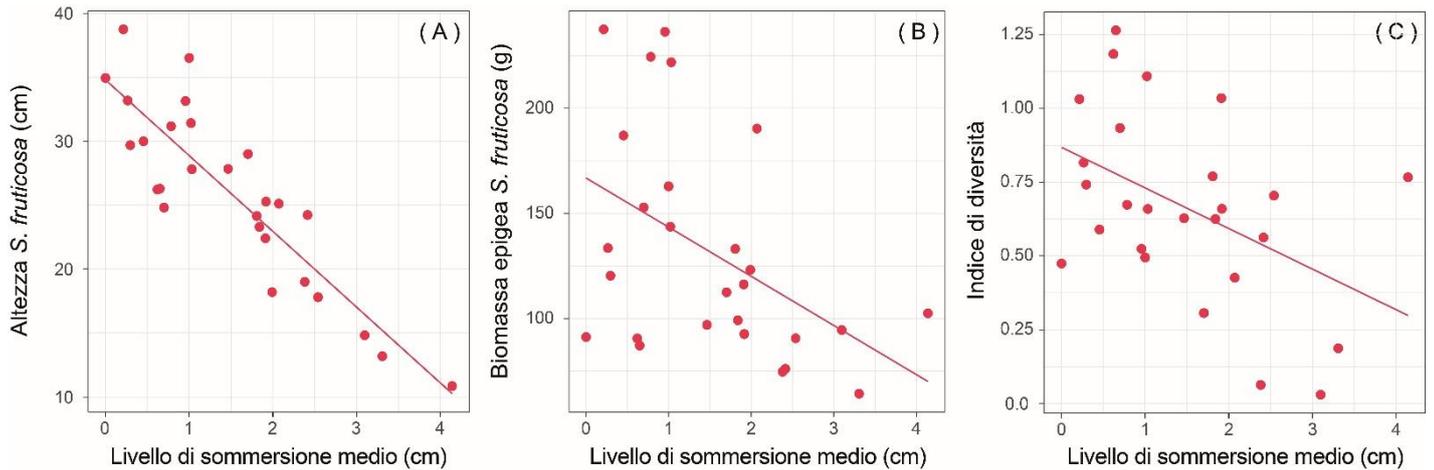
L'accrescimento della barena è definito come crescita per deposizione di particelle sospese durante l'allagamento (crescita alloctona) e per accumulo di materiale vegetale, sia radici che materiale decomposto dalle piante che crescono nella barena (crescita autoctona).

Per tassi di innalzamento maggiori con dei bilanci sedimentari negativi l'habitat può incorrere in fenomeni di erosione e degrado. Infine, mantenendo bilanci sedimentari positivi e un incremento del livello del mare ai tassi odierni la risposta ecosistemica dipenderà dalla capacità delle piante di acclimatarsi all'aumento dello stress da sommersione.

## IL MONITORAGGIO

La sommersione risulta essere il fattore di stress determinante negli ambienti di barena in quanto regola l'intera ecologia dell'ecosistema nonché la sopravvivenza e la distribuzione delle piante alofile (che tollerano il sale). I nostri studi dimostrano che un futuro aumento dei livelli di stress porterà ad una riduzione della produttività ecosistemica di questi ambienti nonché ad una modificazione di quelli che vengono chiamati *functional traits* delle piante chiave per l'ecosistema (come esempio *Salicornia fruticosa*).

I *functional traits* sono quelle caratteristiche morfologiche e fisiologiche che sono in grado di rappresentare l'acclimatamento messo in atto dalla pianta a livelli di stress crescenti. Questi cambiamenti avranno conseguenze a livello dell'intero ecosistema perché alterano le relazioni abiotiche e biotiche presenti, generando una potenziale perdita di biodiversità e servizi ecosistemici.



Relazioni tra altezza e biomassa della specie chiave delle barene *Salicornia fruticosa*, indice di diversità e livello medio di sommersione

## REMOTE SENSING

Il telerilevamento (remote sensing) rappresenta l'insieme delle tecnologie che consentono l'ottenimento di dati da oggetti a terra senza entrare in diretto contatto con essi.

## UN FUTURO NON SCRITTO

La comprensione di questi fenomeni e degli scenari futuri dipende da un monitoraggio continuo di questi ecosistemi. A tal fine la validazione delle tecniche di telerilevamento (*remote sensing*) è cruciale per quantificare nel tempo gli effetti dell'innalzamento del livello marino sulle comunità vegetali.

Gli studi del gruppo di Biologia vegetale dell'Università di Udine suggeriscono che il **telerilevamento** sia uno strumento promettente in grado di fondere diverse scale ecologiche e di produrre risultati di vasta portata che consentono di comprendere la distribuzione spaziale delle specie e di prevedere i cambiamenti della vegetazione dovuti all'aumento della sommersione.

Questo approccio sarà molto utile per **valutare e monitorare gli impatti del continuo innalzamento del livello del mare nelle zone umide**. Questi risultati suggeriscono che il continuo innalzamento del livello del mare potrà portare ad una progressiva riduzione della copertura vegetale e della biomassa, nonché dell'altezza delle popolazioni. Questo potrebbe quindi innescare delle retroazioni tra pianta e suolo che potrebbero

causare una perdita di biodiversità o la scomparsa dell'ecosistema.

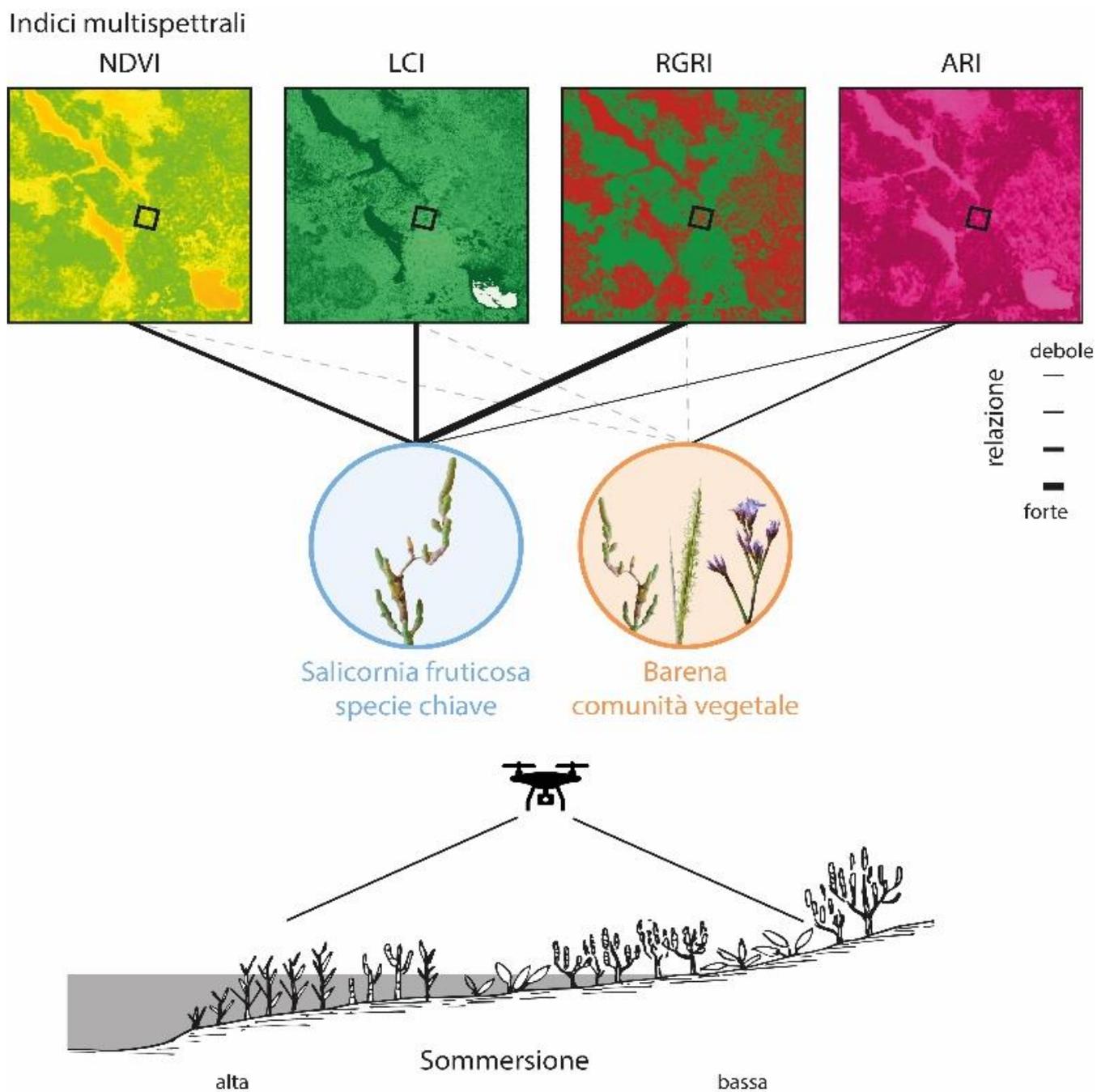
## UPSCALING

L'upscaling è una tecnica emergente utilizzata in studi ecosistemici al fine di collegare diverse scale ecologiche.

Nell'upscaling si cerca quindi una correlazione tra la risposta funzionale del singolo individuo, e la sua ripercussione a livello di gruppi di popolazioni (comunità) fino al livello ecosistemico.

Gli studi condotti hanno anche evidenziato che alcuni processi fisiologici come l'accumulo di pigmenti e metaboliti secondari in relazione all'aumento dei livelli di sommersione potrebbero svolgere un ruolo fondamentale per il futuro monitoraggio e upscaling del telerilevamento, modificando la risposta spettrale della vegetazione.

Queste prospettive di potenziamento applicate agli **"ecosistemi sentinella"**, come le barene, potrebbero fornire un allarme tempestivo sui cambiamenti globali e regionali, con una comprensione fondamentale degli scenari futuri dell'intero sistema costiero.



Approccio di upscaling ecologico applicato alla vegetazione alofila barenicola

Francesco Boscutti, Marco Vuerich  
Università degli Studi di Udine

# LE FANEROGAME SOMMERSE VISTE DA VICINO

Le praterie di fanerogame marine stanno subendo un veloce declino a causa della loro suscettibilità al cambiamento globale e con loro rischiamo di perdere numerosi servizi ecosistemici.



Le praterie di fanerogame marine (come la Prateria di *Cymodocea nodosa* della laguna di Marano che possiamo vedere qua sopra) forniscono servizi ecosistemici chiave, compresa la produzione di carbonio organico, regolazione del ciclo dei nutrienti, stabilizzazione dei sedimenti, sostegno della biodiversità e trasferimenti trofici agli habitat adiacenti. Le praterie di fanerogame marine, insieme ad altri ecosistemi marini, stanno subendo un veloce declino a causa della loro suscettibilità al cambiamento globale e ad altri fattori antropogenici quali l'eutrofizzazione, riscaldamento delle acque e l'innalzamento del livello del mare.

Nel contesto regionale del Friuli Venezia Giulia le fanerogame marine mostrano un rapido dinamismo nel modificare la propria distribuzione all'interno della laguna e nel dominio marino. *Zostera marina*, *Nanozostera noltei* e *Cymodocea nodosa*, le tre specie più comuni nelle nostre acque, crescono in praterie monospecifiche oppure in associazione tra loro formando estese

praterie capaci di ricoprire fino ad un terzo della superficie lagunare.

## FANEROGAME MARINE

Le fanerogame (faneròs = evidente; gàmos = nozze) marine, spesso confuse con le macroalghe, sono in realtà delle vere e proprie piante vascolari, con radici, fusti, foglie e fiori, quindi molto diverse dalle alghe vere e proprie. Fanno quindi parte delle “piante superiori” (nello specifico si tratta di angiosperme monocotiledoni) evolute sulla terra ferma, ma si sono riadattate alla vita acquatica, tanto da non poter sopravvivere in ambienti terrestri.

Per monitorare le alterazioni indotte dai cambiamenti climatici in questi importanti ecosistemi, l'Università di Udine ha attivato un progetto interdipartimentale, che coinvolge botanici e ingegneri al fine di sviluppare piattaforme di remote

sensing autonome per la mappatura e il campionamento di queste comunità vegetali.

Il progetto prevede l'ingegnerizzazione di un natante capace di ospitare sensori per rilevare lo stato chimico fisico delle acque che attraversano le praterie e di effettuare un rilievo subacqueo di immagini multi- e iper-spetttrali per collegare la risposta biologica delle fanerogame sommerse alle proprietà dell'ecosistema. In questo modo permetteranno di osservare da vicino questi ecosistemi per tracciarne le modifiche e acclimatazione ai cambiamenti ambientali.

**Francesco Boscutti, Francesco Trevisan,  
Ivan Scagnetto**  
Università degli Studi di Udine



Prototipo del drone marino impiegato per il monitoraggio autonomo delle praterie di fanerogame sommerse.



# CLIMA, PAESAGGIO E PIANTE ALIENE: L'INVASIONE SILENZIOSA

L'invasione biologica è una delle maggiori cause globali di perdita di biodiversità e servizi ecosistemici. Il numero di piante provenienti da altre aree geografiche in grado di naturalizzarsi nella nostra regione è aumentato in maniera esponenziale negli ultimi due secoli. L'invasione delle specie aliene a scala regionale è potenziata dall'aumento delle temperature in iterazione con i cambiamenti di uso del suolo. La permanenza di agricoltura estensiva, tuttavia, è in grado allo stesso tempo di attenuare l'espansione delle specie aliene invasive e al contempo promuovere la diversità delle specie vegetali native.

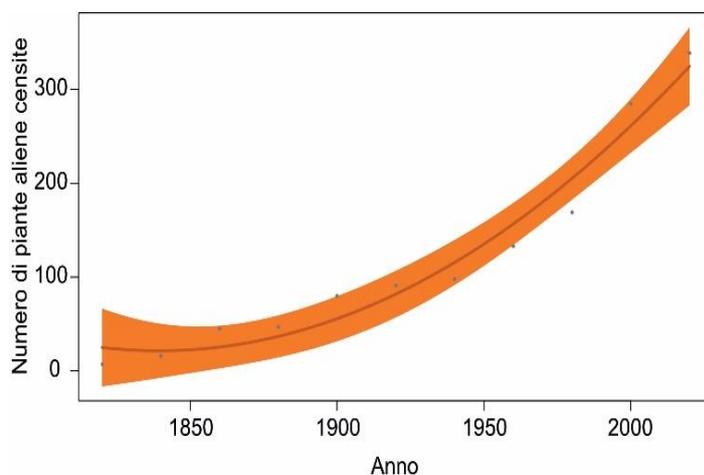


## UN AUMENTO ESPLOSIVO

L'invasione biologica è una delle maggiori cause globali di perdita di biodiversità e servizi ecosistemici. Le piante aliene sono tra gli organismi che causano maggiori impatti sull'ambiente, riducendo la diversità delle specie native, alterando il biota del suolo, i cicli biogeochimici, fino a modificare la percezione del paesaggio.

Le piante aliene presenti in Friuli Venezia Giulia sono ad oggi oltre 300 specie, che rappresentano circa il 15% dell'intera flora regionale. L'aumento delle segnalazioni di nuovi ingressi di piante vascolari è aumentato in maniera esponenziale dalle prime segnalazione conosciute del 1800. Un andamento simile a quanto registrato per le temperature globali (hockey stick graph).

Numero di specie aliene in FVG



Andamento del numero cumulato di specie aliene presenti in Friuli Venezia Giulia nel periodo compreso tra 1800 e 2020. L'ombreggiatura indica l'intervallo di confidenza del modello

Questo andamento è il frutto di un continuo scambio biologico tra diversi continenti, favorito dall'intensificazione globale degli scambi commerciali; tuttavia, mentre in passato il fenomeno riguardava principalmente ingressi accidentali, legati all'agricoltura e ai traffici (marittimi, ferroviari), negli ultimi decenni si è osservato un costante aumento di specie ornamentali sfuggite dai giardini e inselvatichitesi.

### SPECIE ALIENA

Per specie aliena si intende una specie trasportata dall'uomo, in maniera volontaria o accidentale, al di fuori della sua area di origine. Sinonimi del termine alieno sono: esotico, alloctono, introdotto, non-nativo, non-indigeno. Al contrario, una specie presente nella sua area di origine è definita autoctona o nativa o indigena. L'arrivo di una specie aliena in un nuovo territorio comporta per la specie stessa il superamento di una serie di barriere: una volta giunta e aver quindi oltrepassato il primo ostacolo (barriera geografica), deve trovare un habitat favorevole alla sua sopravvivenza, superando in tal modo la barriera ambientale e acquisendo lo stato di aliena casuale. A questo punto, se riuscirà a riprodursi autonomamente (valicando cioè la barriera riproduttiva) diverrà un'aliena naturalizzata. In seguito alla sua capacità di competere attivamente con la flora autoctona in ambienti naturali o prossimo-naturali, (p. es. producendo una maggiore quantità di semi vitali) potrà raggiungere lo stato di invasiva. Se tale attitudine giunge al punto che essa sia in grado di modificare struttura e composizione della vegetazione naturale, alterandone le caratteristiche ecologiche e paesaggistiche, essa viene definita trasformatrice.

### QUALI CAUSE? LA SCALA CONTA

Una domanda centrale in ecologia, affrontata in molti studi ma ancora senza una risposta esauriente, è: cosa sta determinando il successo dell'invasione delle piante durante la colonizzazione di una nuova area geografica?

Per rispondere a tale domanda e per comprendere appieno i processi che guidano l'invasione delle piante aliene è necessario utilizzare approcci a più scale spaziali e temporali.

Quando consideriamo l'effetto della scala geografica, è generalmente dimostrato che **su un'ampia scala spaziale il clima è il filtro ecologico principale per la diffusione delle piante aliene**, poiché determina l'iniziale possibilità di superare la barriera riproduttiva per una pianta arrivata in una nuova area. Al contrario, **a scala più fine, i disturbi locali**, come il caso del disturbo del suolo e le interazioni biotiche, dovrebbero essere più influenti.

La struttura del paesaggio è frutto delle interazioni di questi elementi e la distribuzione e complessità degli elementi di natura antropica (aree urbane e agricole) sono tra i fattori determinanti per l'introduzione e diffusione di nuove specie aliene.

### PAESAGGIO E CLIMA DETERMINANO IL FUTURO DI QUESTE SPECIE

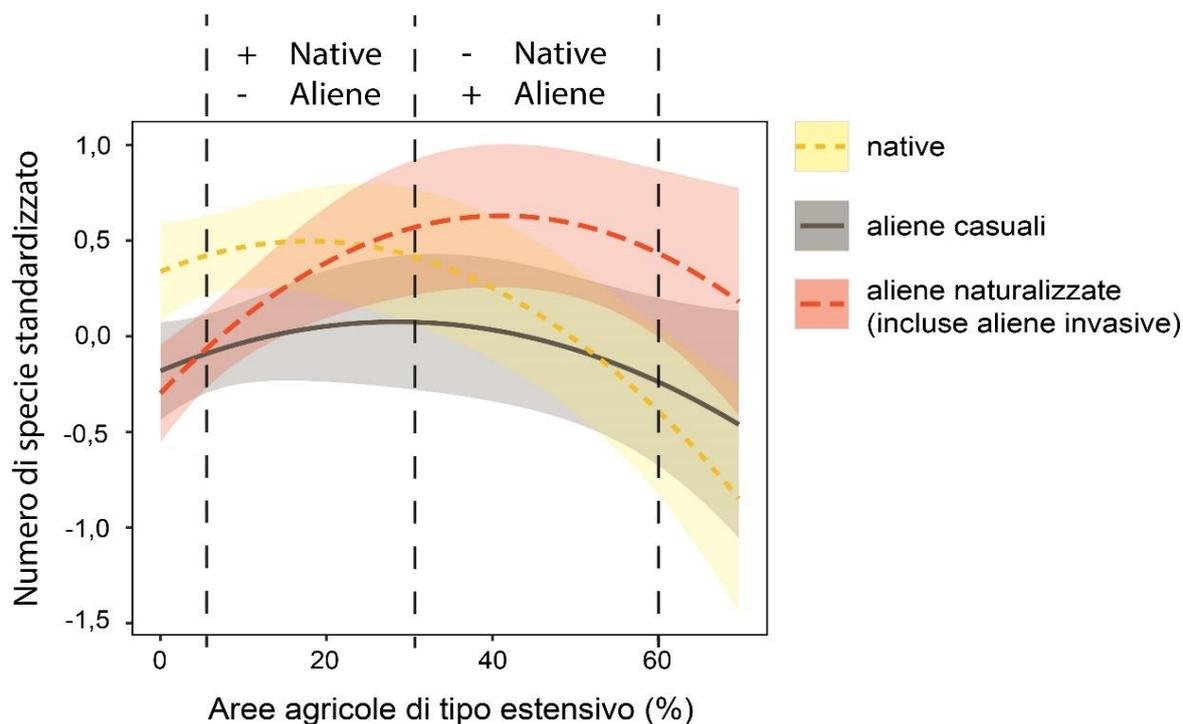
Con i nostri studi abbiamo verificato che **clima e uso del suolo urbano e agricolo influenzano significativamente la diffusione delle specie aliene**, mostrando risposte contrastanti in confronto alle specie native.

Le specie aliene sono limitate dai climi regionali umidi e freddi. Un numero maggiore di specie aliene è stato associato agli usi urbani e agricoli del suolo.

Tuttavia, la presenza di andamenti unimodali (curva di frequenza avente un solo punto di massimo relativo) ha mostrato che una piccola percentuale di terreni agricoli di tipo estensivo può contemporaneamente **frenare la diffusione di piante aliene pur sostenendo la diversità delle piante autoctone**.

I risultati suggeriscono che un aumento delle specie aliene dovuto all'aumento delle temperature possa essere contenuto da una corretta pianificazione del passaggio innescando **una transizione da paesaggi agricoli intensivi ad estensivi**,

### N. di specie aliene e % di paesaggi agricoli estensivi



Andamento del numero cumulato di specie native, aliene casuali ed invasive in Friuli Venezia Giulia in relazione alla percentuale di paesaggio occupata da aree agricole di tipo estensivo.

ad esempio mediante l'implementazione di **infrastrutture verdi**, non trascurando la severa tutela e la corretta gestione di quanto del paesaggio naturale esiste ancora, specialmente in pianura e nelle aree collinari, dove la pressione antropica si esercita in grado più elevato.

**Francesco Boscutti**  
**Università degli Studi di Udine**  
**Fabrizio Martini**



*Impatiens balfourii*  
Foto: Francesco Boscutti



Tutti i “Segnali dal clima in FVG”:

<https://www.arpa.fvg.it/temi/temi/meteo-e-clima/sezioni-principali/clima-e-cambiamenti-climatici/segnali-dal-clima-in-fvg>