

CARATTERIZZAZIONE DELLA DECOMPOSIZIONE DELLA MATERIA ORGANICA NEGLI AMBIENTI DI BARENA DELLA LAGUNA DI VENEZIA

Alice Puppini^{1*}, Marcella Roner¹, Alvise Finotello^{2,3}, Massimiliano Ghinassi¹, Laura Tommasini¹, Marco Marani² & Andrea D'Alpaos¹

(1) Dipartimento di Geoscienze, Università degli Studi di Padova (Padova)

(2) Dipartimento di Ingegneria Civile, Edile e Ambientale, Università degli Studi di Padova (Padova)

(3) Dipartimento di Scienze Ambientali, Informatica e Statistica, Università Ca' Foscari di Venezia (Venezia)

*email: alice.puppini@phd.unipd.it

ASPETTI CHIAVE

- Le barene possiedono una straordinaria capacità di sequestrare e stoccare il carbonio atmosferico
- Il Tea Bag Index consente di caratterizzare il processo di decomposizione nel suolo
- Il riscaldamento globale potrebbe accelerare la già rapida decomposizione della materia organica
- La quantità di materia organica rimanente dipende in larga parte dalla sua degradabilità

1 INTRODUZIONE

Le barene sono strutture morfologiche tipiche degli ambienti intertidali in zone costiere temperate a bassa energia, indissolubilmente legate all'azione delle maree e caratterizzate da una peculiare vegetazione alofila prevalentemente erbacea (Allen & Pye, 1992). L'evoluzione di queste strutture, naturalmente dinamiche, dipende da complesse interazioni tra processi idrodinamici, morfologici e biologici (D'Alpaos *et al.*, 2007; Marani *et al.*, 2007; Mudd *et al.*, 2009), e proprio per questo, in diverse parti del mondo, esse si trovano ad essere fortemente minacciate dagli effetti dei cambiamenti climatici e dell'azione antropica. In particolare, l'aumento del livello medio del mare e la scarsità di apporti sedimentari vengono indicati come i maggiori responsabili per scomparsa delle barene (Morris *et al.*, 2002; Kirwan *et al.*, 2010; D'Alpaos *et al.*, 2011) assieme alle onde da vento e da natante che le erodono lateralmente (e.g., Marani *et al.*, 2011).

Eppure gli ambienti di barena rivestono un ruolo cruciale all'interno degli ecosistemi tidali, offrendo importanti servizi ecosistemici, dalla protezione costiera al supporto alla biodiversità (Chmura *et al.*, 2003; Barbier *et al.*, 2011; Macreadie *et al.*, 2019). Insieme ad altre zone umide costiere, inoltre, possiedono una straordinaria capacità di sequestrare il carbonio atmosferico e stoccarlo nel suolo, grazie alla loro produttività primaria, associata alla sedimentazione ed all'accrescimento superficiale (Chmura *et al.*, 2003; Macreadie *et al.*, 2019). L'interesse globale verso questa funzione dei così detti "blue carbon ecosystems" è in continua crescita dato il ruolo che potrebbero avere nella lotta ai cambiamenti climatici (Macreadie *et al.*, 2019).

Le barene sequestrano e stoccano carbonio all'interno della biomassa vegetale che vi cresce, ma soprattutto, e su una più lunga scala temporale, all'interno della materia organica presente nel suolo (Macreadie *et al.*, 2019). Lo stock di materia organica contenuta nei suoli di barena è il risultato del bilancio tra input, costituiti dal materiale vegetale ed organico che si deposita sulla barena stessa, ed output, che corrispondono alle emissioni di anidride carbonica prodotte dai processi di decomposizione (Morris & Whiting, 1986; Davidson & Janssens, 2006).

La decomposizione, dunque, ha un ruolo fondamentale nel determinare la quantità di materia organica che, all'interno del suolo della barena, contribuisce al suo accrescimento verticale ed allo stoccaggio di carbonio (Mudd *et al.*, 2009; Kirwan *et al.*, 2013).

Una migliore comprensione dei processi che regolano le dinamiche della materia organica all'interno dell'ambiente di barena contribuirebbe, da un lato, ad approfondire la comprensione dei meccanismi evolutivi di queste strutture, e, dall'altro, a chiarire il loro ruolo all'interno del ciclo globale del carbonio, fornendo informazioni importanti per migliorare le strategie di gestione e conservazione degli ambienti costieri.

2 METODI

L'area di studio si trova all'interno della Laguna di Venezia che, con un'estensione di circa 550 km² ed una profondità media di circa 1,5 m, rappresenta la più estesa laguna del Mediterraneo. Essa comunica con il Mar Adriatico attraverso tre bocche di porto, Lido, Malamocco e Chioggia, ed è caratterizzata da un regime microtidale semidiurno con ampiezza media di circa 1 m. Le aree di indagine sono rappresentate da alcune barene collocate in diverse zone della laguna (Figura 1a).

Al fine di caratterizzare il processo di decomposizione all'interno delle aree di indagine, si è fatto ricorso al protocollo proposto da Keuskamp et al. (2013) e denominato "Tea Bag Index" (Figura 1b). L'indice comprende due parametri: il tasso di decomposizione (k), che descrive la rapidità del processo di decomposizione, e il fattore di stabilizzazione (S), che invece indica la frazione di materiale labile che viene stabilizzato durante la degradazione. Il protocollo consiste in un esperimento di decomposizione condotto seppellendo all'interno del suolo delle barene un materiale vegetale standard, corrispondente a delle comuni bustine di tè, lasciandole nel terreno per circa 90 giorni, e pesandone il contenuto indecomposto dopo il loro recupero. L'utilizzo di un substrato di decomposizione standard consente di incentrare l'attenzione sull'effetto delle variabili ambientali, escludendo la variabilità dovuta alla diversa biodegradabilità di substrati organici diversi.

Tra il 2015 ed il 2017 sono state sepolte 712 bustine di tè lungo 13 transetti all'interno del bacino lagunare, da 8 a 40 cm di profondità ed in stagioni diverse. Al fine di verificare il ruolo di alcune condizioni ambientali, sono inoltre stati registrati i seguenti parametri: temperatura media per ciascun periodo di incubazione, localizzazione, quota, distanza dal margine della barena, e tempo di sommersione per ciascun luogo di seppellimento. Tali parametri sono poi stati analizzati statisticamente in relazione al tasso di decomposizione ed al fattore di stabilizzazione.

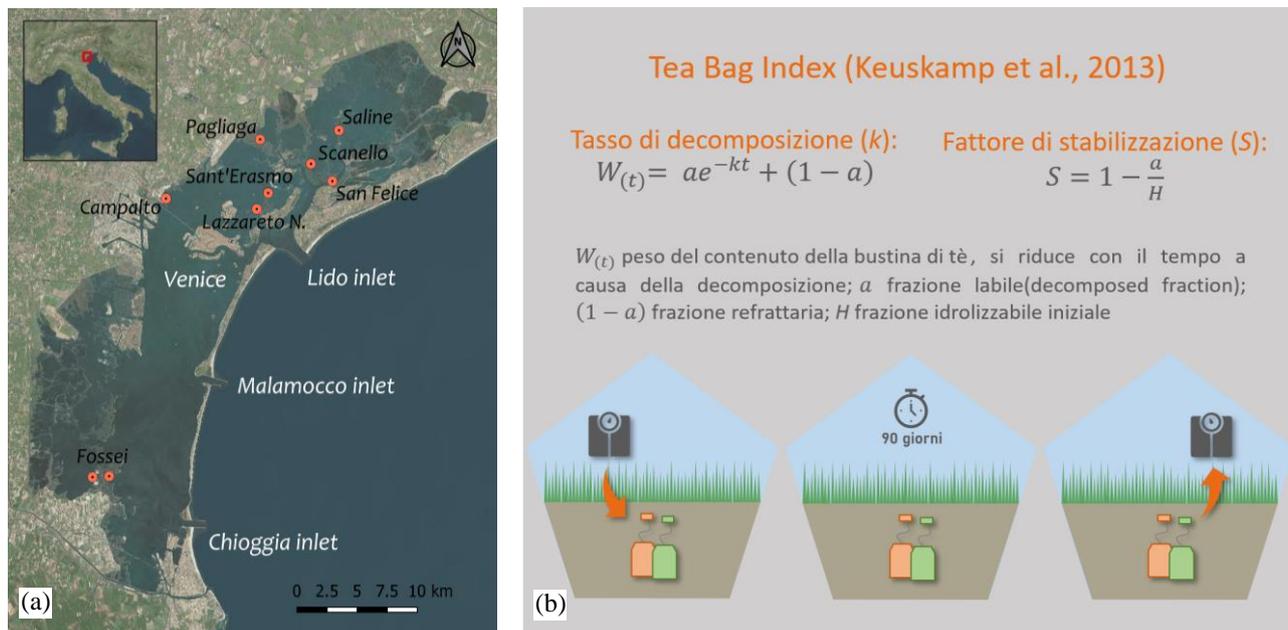


Figura 1. Il pannello (a) riporta la posizione delle aree di studio nella laguna di Venezia; il pannello (b) contiene una rappresentazione schematica del protocollo del "Tea Bag Index" e dei suoi parametri.

3 RISULTATI E CONCLUSIONI

I tassi di decomposizione e i fattori di stabilizzazione misurati sulle barene della Laguna di Venezia sono risultati in generale coerenti con i valori presenti in letteratura. I valori medi rilevati, corrispondenti rispettivamente a 0,012 (giorni⁻¹) e 0,15, indicano una degradazione piuttosto rapida della materia organica, che in 90 giorni si riduce mediamente al 30% della massa labile iniziale.

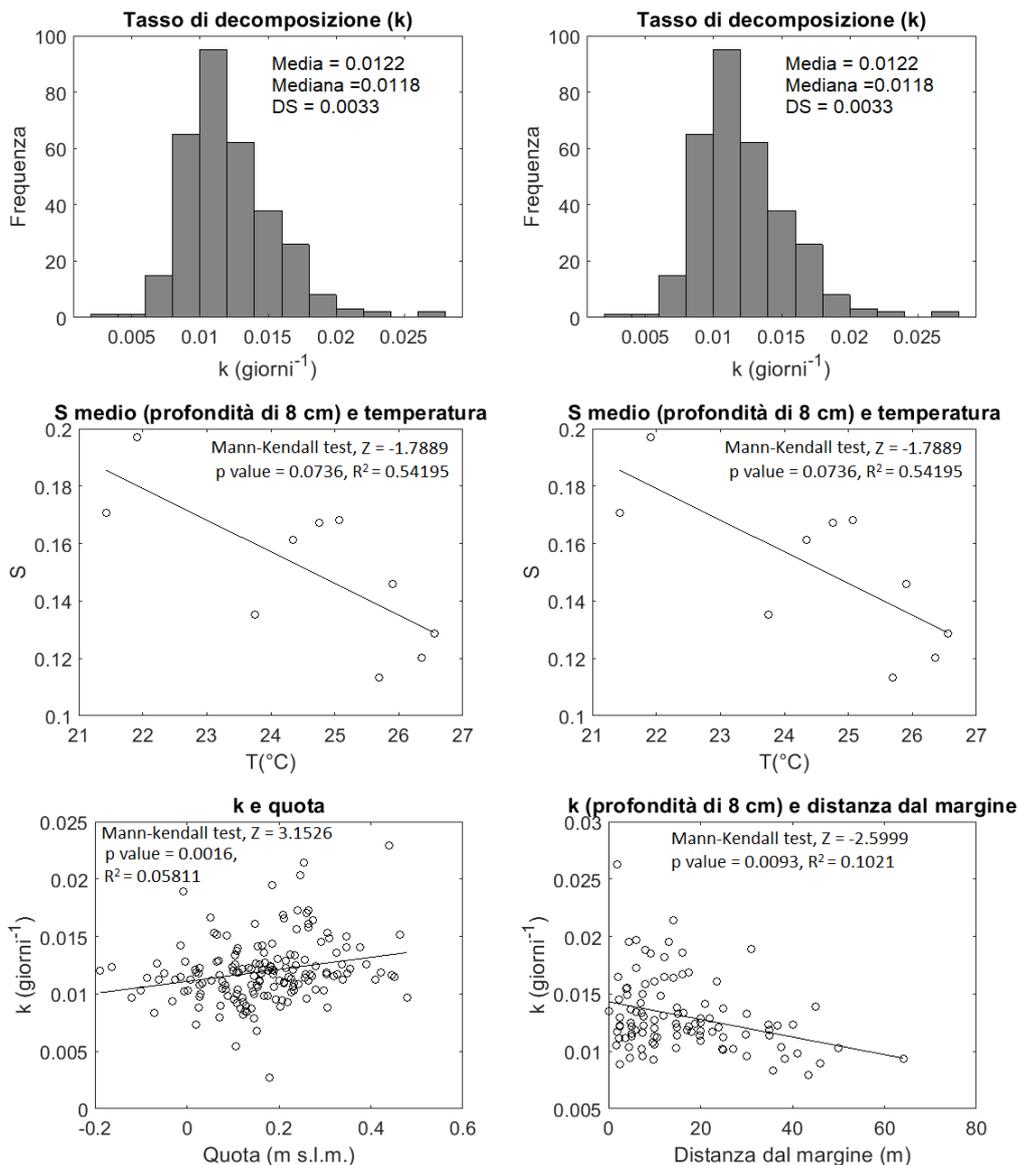


Figura 2. Rappresentazione della distribuzione dei valori del tasso di decomposizione e del fattore di stabilizzazione misurati nel corso del presente studio, e di alcune delle più significative relazioni rilevate tra questi ed alcuni dei parametri ambientali indagati (temperatura media durante il periodo di seppellimento, quota e distanza dal margine della barena del sito di seppellimento).

Tra i parametri ambientali analizzati, la temperatura ha mostrato la relazione più significativa con i processi di decomposizione (Figura 2). Coerentemente con i risultati riportati in letteratura, il tasso di decomposizione mostra un trend crescente all'aumentare della temperatura, come rivelato dal risultato del test di Mann-Kendall. Questo fatto potrebbe comportare importanti conseguenze per le dinamiche della materia organica nel suolo di fronte ai cambiamenti climatici. Per quanto riguarda il fattore di stabilizzazione, il test di Mann-Kendall non ha rilevato la presenza di un trend, tuttavia la rappresentazione dei dati (Figura 2) suggerisce l'esistenza di una qualche relazione, coerente con un aumento della materia decomposta a temperature più elevate. La letteratura è da tempo concorde nell'indicare l'esistenza di una relazione esponenziale tra temperatura e decomposizione della materia organica nel suolo, che è di fatto una reazione chimica mediata da enzimi microbici, ed i nostri risultati supportano tale affermazione.

Il test di Mann-Kendall ha inoltre evidenziato la presenza di trend significativi del tasso di decomposizione in relazione alla quota ed alla distanza dal canale (Figura 2), mentre la situazione è meno chiara per quanto riguarda il tempo di sommersione. Queste caratteristiche possono essere in qualche modo legate tra loro, considerato che spesso la barena presenta quote più elevate nei pressi dei margini sui canali e che la quota della sua superficie incide a sua volta sulla frequenza e durata della sommersione da parte della

marea. Il trend evidenziato supporta l'ipotesi che una maggiore disponibilità di ossigeno in aree più elevate, e quindi presumibilmente più spesso emerse, possa favorire la respirazione microbica aumentando il tasso di decomposizione (Davidson and Janssens, 2006; Morris et al., 2016). Tuttavia sarebbe utile approfondire la relazione tra quota, distanza dal canale e tempo di sommersione (che nel nostro caso è stato calcolato mettendo in relazione la quota del sito con i livelli di marea registrati dai mareografi) con l'effettivo verificarsi di condizioni aerobiche o anaerobiche, cosa che potrebbe essere influenzata anche dalla morfologia locale e dalle condizioni di drenaggio.

Per alcuni siti, dove le bustine di tè erano state sepolte a profondità diverse (in superficie, a 8, 16 e 24 o 40 cm di profondità), l'analisi condotta su coppie di campioni (test di Wilcoxon dei ranghi con segno) ha evidenziato come il processo di decomposizione sia significativamente diverso in superficie rispetto all'interno del suolo, con tassi di decomposizione minori e stabilizzazione maggiore nel sottosuolo. Tuttavia tale differenza è risultata comunque limitata, e nella maggior parte dei casi non supera il 20%.

In conclusione, i risultati preliminari sulla caratterizzazione del processo di decomposizione nell'area di studio suggeriscono che il riscaldamento globale potrebbe accelerare la decomposizione della materia organica, che risulta già piuttosto rapida. Inoltre, la degradazione dei residui organici appare sufficientemente veloce da consumare tutto il materiale labile prima che questo possa essere sepolto e stabilizzato. Ciò significa che, almeno nel breve termine, la quantità di residuo organico che può effettivamente contribuire all'accrescimento superficiale delle barene ed al sequestro di carbonio dipende in larga parte dalle caratteristiche in termini di degradabilità dei residui vegetali, proprietà che può variare considerevolmente al variare del tessuto e della specie vegetale.

I risultati del presente studio rappresentano un elemento utile ad affinare l'attuale rappresentazione delle dinamiche di accumulo della materia organica nei modelli biomorfodinamici che descrivono l'evoluzione degli ambienti di barena, strumenti indispensabili al fine di valutarne la capacità di sopravvivenza e le relative conseguenze sul ciclo del carbonio.

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- Allen J.R.L. & Pye K. Saltmarshes, Morphodynamics, Conservation and Engineering Significance, 1992.
- Barbier E.B., Hacker S.D., Kennedy C., Koch E.W., Stier A.C. & Silliman B.R. The value of estuarine and coastal ecosystem services, *Ecol Monogr*, 2011, 81(2), pp. 169-193.
- Chmura G.L., Anisfeld S.C., Cahoon D.R. & Lynch J.C. Global carbon sequestration in tidal, saline wetland soils. *Global Biogeochem Cycles*, 2003, 17(4), pp. 22-1.
- D'Alpaos A., Lanzoni S., Marani M. & Rinaldo A. Landscape evolution in tidal embayments: Modeling the interplay of erosion, sedimentation, and vegetation dynamics, *J Geophys Res Earth Surf*, 2007, 112(F1).
- D'Alpaos A., Mudd S.M. & Carniello L. Dynamic response of marshes to perturbations in suspended sediment concentrations and rates of relative sea level rise, *J Geophys Res Earth Surf*, 2011, 116(F4).
- Davidson E.A. & Janssens I.A. Temperature sensitivity of soil carbon decomposition and feedbacks to climate change, *Nature*, 2006, 440(7081), pp. 165-173.
- Keuskamp J.A., Dingemans B.J.J., Lehtinen T., Sarneel J.M. & Hefting M.M. Tea Bag Index: A novel approach to collect uniform decomposition data across ecosystems, *Methods Ecol Evol*, 2013, 4(11), pp. 1070-1075.
- Kirwan M.L., Guntenspergen G.R., D'Alpaos A., Morris J.T., Mudd S.M. & Temmerman S. Limits on the adaptability of coastal marshes to rising sea level. *Geophys Res Lett*, 2010, 37(23).
- Kirwan M.L., Langley J.A., Guntenspergen G.R. & Megonigal J.P. The impact of sea-level rise on organic matter decay rates in Chesapeake Bay brackish tidal marshes, *Biogeosciences*, 2013, 10(3), pp. 1869-1876.
- Macreadie P.I., Anton A., Raven J.A., et al. The future of Blue Carbon science, *Nat Commun*, 2019, 10(1), pp. 1-13.
- Marani M., D'Alpaos A., Lanzoni S., Carniello L. & Rinaldo A. Biologically-controlled multiple equilibria of tidal landforms and the fate of the Venice lagoon. *Geophys Res Lett*, 2007, 34(11).
- Marani M., D'Alpaos A., Lanzoni S. & Santalucia M. Understanding and predicting wave erosion of marsh edges, *Geophys Res Lett*, 2011, 38(21).
- Morris J.T. & Whiting G.J. Emission of gaseous carbon dioxide from salt-marsh sediments and its relation to other carbon losses, *Estuaries*, 1986, 9(1), pp. 9-19.
- Morris J.T., Sundareshwar P. V., Nietch C.T., Kjerfve B. & Cahoon D.R. Responses of coastal wetlands to rising sea level, *Ecology*, 2002.
- Morris J.T., Barber D.C., Callaway J.C., et al. Contributions of organic and inorganic matter to sediment volume and accretion in tidal wetlands at steady state, *Earth's Futur*, 2016, 4(4), pp. 110-121.
- Mudd S.M., Howell S.M. & Morris J.T. Impact of dynamic feedbacks between sedimentation, sea-level rise, and biomass production on near-surface marsh stratigraphy and carbon accumulation, *Estuar Coast Shelf Sci*, 2009, 82(3), pp. 377-389.