

Le acque di balneazione alla foce dei Regi Lagni: un'analisi statistica preliminare dei dati elaborati

Pasquale Luongo
Loredana Pascarella
Flavia Occhibove
Giuseppina Merola

La qualità microbiologica delle acque di balneazione lungo la costa del comune di Castel Volturno è influenzata dalle condizioni meteo-marine e dagli apporti del Canale dei Regi Lagni, che negli ultimi decenni è stato il ricettore di acque reflue non trattate. Questo studio mira ad analizzare la serie storica di dati microbiologici e meteo-marini dal 2010 al 2020, in due stazioni di campionamento, Pineta Grande Sud (PGS) e Villaggio Coppola (VC), situate rispettivamente a nord e sud della foce del Canale dei Regi Lagni (Fig. 1). Le relative acque risultano idonee alla balneazione ai sensi della Deliberazione di Giunta Regionale della Campania n. 148/2020, con giudizi differenti: Pineta Grande Sud risulta di qualità "sufficiente", mentre Villaggio Coppola di qualità "eccellente". Lo studio mira a identificare i fattori che influenzano la variabilità della qualità microbiologica delle acque di balneazione in questo tratto di costa; nel corso degli anni di monitoraggio effettuato, è stato possibile formulare, su base empirica, le seguenti ipotesi, poste alla base di questo studio, per la loro analisi dal punto di

L'apporto di acque reflue dai canali può incidere sulla qualità microbiologica delle acque costiere

vista statistico:

1. la qualità microbiologica di PGS è costantemente inferiore rispetto a quella di VC;
2. la temperatura dell'acqua è correlata positivamente con la qualità microbiologica;
3. la direzione e l'intensità della corrente nonché le precipitazioni meteoriche costituiscono i principali fattori determinanti per la variabilità della qualità microbiologica dei tratti di mare prospicienti la foce dei Regi Lagni.

Costruzione del dataset di riferimento e analisi statistiche

Le serie storiche di dati prese in considerazione comprendono 11 anni di osservazioni dal 2010 al 2020 e sono costituite:

1. dagli esiti analitici (qualità microbiologica: Enterococchi intestinali ed Escherichia coli) dei campioni di acque di balneazione prelevati da aprile a settembre di ciascun anno, nella fascia



Fig. 1. Stazioni di campionamento alla foce del Canale dei Regi Lagni (Fonte: UOC AT CE)

oraria 11.00-12.00 circa, nelle due stazioni di balneazione citate;

2. dai parametri meteo-marini rilevati nel corso del campionamento (temperatura acqua del mare, intensità e direzione della corrente marina, eccetera);
3. dai dati pluviometrici acquisiti dal Centro funzionale multirischi della Protezione civile della Regione Cam-

pania relativi alle stazioni di Castel Volturno (CV) e San Marco Evangelista (SME), consistenti nella presenza/assenza di precipitazioni nel giorno e nei due giorni antecedenti il prelievo dei campioni;

4. dagli esiti analitici dei campioni prelevati presso il punto studio "Villaggio Agricolo" (VA, stazione di monitoraggio posta alla foce dei Regi Lagni) nello stesso periodo (escluso anno 2020), utilizzati quale indice dello stato ambientale delle acque del canale.

È stato sviluppato un indice microbiologico combinato (Indice Micro) in cui i parametri microbiologici sono stati normalizzati e la direzione della corrente è stata trasformata in una variabile discreta. I dati sono stati esplorati con tecniche di statistica descrittiva per evidenziare eventuali trend temporali e corroborare le ipotesi sopra riportate (Fig. 2). Inoltre sono stati effettuati:

- test non parametrico di Wilcoxon per confrontare la qualità microbiologica dei due siti;
- test di correlazione di Spearman per verificare la relazione tra qualità microbiologica e temperatura dell'acqua;
- analisi *random forest* per evidenziare quali parametri determinino maggiore variabilità della qualità microbiologica.

Riflessioni sui risultati preliminari

Come si può notare in Fig. 2, i valori di Enterococchi e E. Coli fluttuano sia annualmente che mensilmente, trend ancora più evidenti nell'indice microbiologico combinato (Fig.2c). Il sito PGS sembra essere maggiormente soggetto a oscillazioni annuali e presenta un evidente pattern mensile a campana.

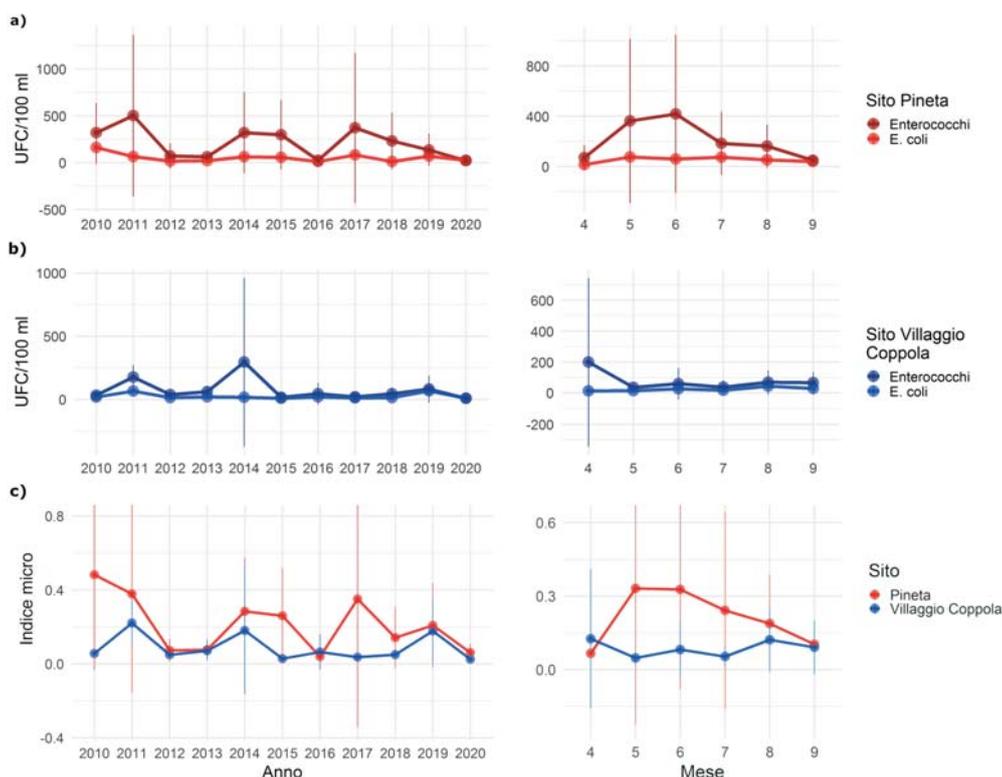


Fig. 2. Valori medi annuali e mensili di Enterococchi e E.coli per il sito a) Pineta Grande Sud e b) Villaggio Coppola. c) Valori medi annuali e mensili dell'indice microbiologico combinato (Indice Micro).

Le barre rappresentano la deviazione standard.

segue da pagina 6

I due successivi test statistici (Wilcoxon e Spearman) hanno sostanzialmente confermato la prima e la seconda ipotesi: la qualità microbiologica (Indice Micro) di PGS è risultata inferiore rispetto a quella di VC. Inoltre, l'Indice Micro è risultato positivamente correlato alla temperatura dell'acqua (Fig. 3). La correlazione, quando i siti sono stati analizzati separatamente, non è risultata statisticamente significativa per il sito VC. Per quanto riguarda la terza ipotesi, si è riscontrato che i comuni modelli di regressione lineare non hanno mostrato un buon adattamento (fit), pertanto è stata utilizzata la tecnica Random Forest. L'analisi ha evidenziato che corrente e precipitazioni influenzano la variabilità della qualità microbiologica in modo complesso e con dinamiche diverse per i due siti, per cui nella tabella in Fig. 4 sono mostrati i risultati dei siti considerati singolarmente. I quattro fattori principali nel determinare la variabilità statistica della qualità microbiologica risultano distribuiti come in Fig. 4, in ordine di importanza. Si desume che la variabilità della qualità microbiologica della stazione PGS risulta prioritariamente influenzata dalle precipitazioni meteoriche nei due giorni precedenti al prelievo nella stazione SME, mentre l'effetto della corrente è prioritario per il sito VC, tutto ciò a parziale conferma della terza ipotesi. Infine, è stata analizzata l'influenza della qualità microbiologica del sito alla foce del canale (ovvero i dati relativi a

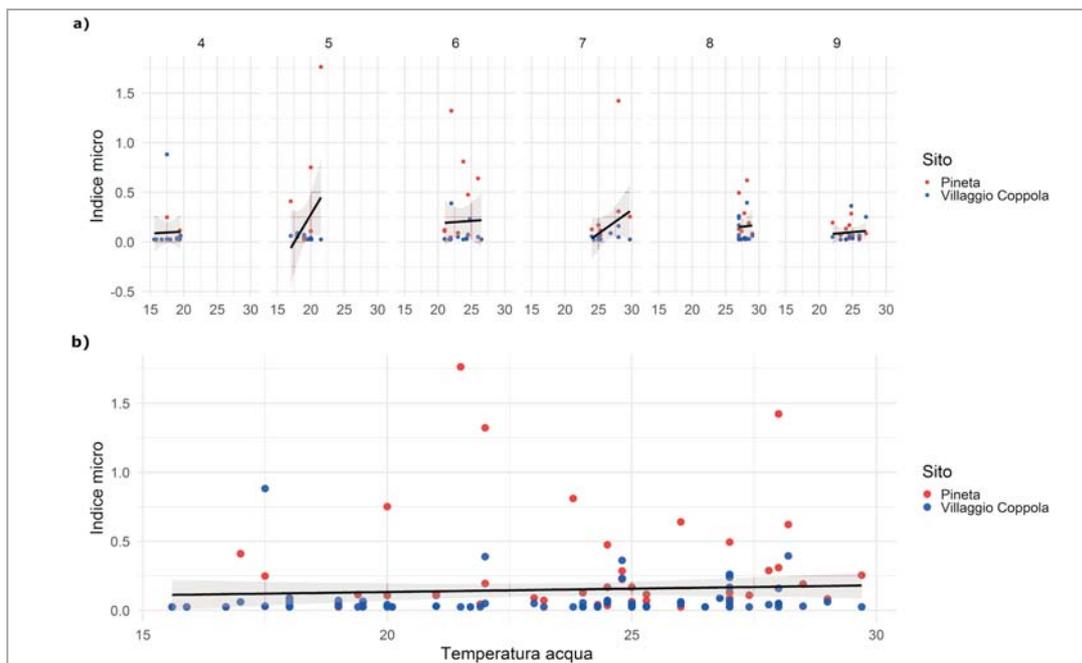


Fig. 3. Valori di Indice Micro in relazione alla temperatura dell'acqua con retta di regressione e relativi intervalli di confidenza al 95%. a) Dati illustrati a livello mensile (aprile-settembre). b) totalità dei dati disponibili. Rosso: sito PGS; blu: sito VC.

VA), sui siti PGS e VC, riscontrando una significativa correlazione positiva tra l'Indice Micro di VA e l'Indice Micro di entrambi i suddetti siti (Fig. 5). Analizzando i siti separatamente però, solo la correlazione tra PGS e VA risulta statisticamente significativa, mentre VC sembrerebbe meno influenzato dai valori di VA.

Conclusioni

Da queste analisi preliminari si può concludere che il sito Pineta Grande Sud risulta consistentemente più contaminato e subisce una significativa influenza negativa dal sito Villaggio

Agricolo (ovvero dall'apporto diretto dei Regi Lagni). Al contrario, il sito Villaggio Coppola ha una qualità microbiologica migliore e meno variabile temporalmente.

Inoltre, la variabilità della qualità microbiologica della stazione PGS risulta prioritariamente influenzata dalle precipitazioni meteoriche nei due giorni precedenti al prelievo.

Si ritiene, dunque, necessario indagare in maniera più sistematica la correlazione fra questi due fattori effettuando: un'analisi idrologica ad hoc, un piano di monitoraggio e campionamento dedi-

cato e analisi statistiche mirate a definire ulteriori correlazioni. Lo scopo finale di questo lavoro, infatti, è quello di creare un modello di alerting ambientale, adattabile anche ad altri siti, da utilizzare come strumento di gestione e prevenzione del rischio sanitario e ambientale, anche a supporto dei processi decisionali delle Autorità competenti. (Pasquale Luongo, Loredana Pascarella e Giuseppina Merola lavorano al Dipartimento di Caserta dell'Arpa Campania. Flavia Occhibove lavora allo UK Centre for Ecology & Hydrology di Wallingford, Regno Unito)



Arpa CAMPANIA AMBIENTE
del 30 ottobre 2020 - Anno XVI, N.20
Edizione chiusa il 30 ottobre 2020

DIRETTORE EDITORIALE
Luigi Stefano Sorvino
DIRETTORE RESPONSABILE
Pietro Funaro
CAPOREDATTORI
Salvatore Lanza, Fabiana Liguori, Giulia Martelli
IN REDAZIONE
Cristina Abbrunzo, Anna Gaudioso, Luigi Mosca, Andrea Tafuro
GRAFICA E IMPAGINAZIONE
Savino Cuomo
HANNO COLLABORATO
M. Ariano, I. Buonfanti, A. Cammarota, F. De Capua, G. De Crescenzo, B. Giordano, G. Loffredo, P. Luongo, R. Maisto, G. Merola, A. Morlando, F. Occhibove, A. Palumbo, A. Paparo, S. Patrizio, L. Pascarella, T. Pollice
SEGRETARIA AMMINISTRATIVA
Carla Gavini
DIRETTORE AMMINISTRATIVO
Pietro Vasaturo
EDITORE
Arpa Campania Via Vicinale Santa Maria del Pianto Centro Polifunzionale Torre 1 80143 Napoli
REDAZIONE
Via Vicinale Santa Maria del Pianto Centro Polifunzionale Torre 1 - 80143 Napoli
Phone: 081.23.26.405/427/451
Fax: 081.23.26.481
e-mail: rivista@arpacampania.it
magazinearpacampania@libero.it

Iscrizione al Registro Stampa del Tribunale di Napoli n.07 del 2 febbraio 2005 distribuzione gratuita. L'editore garantisce la massima riservatezza dei dati forniti e la possibilità di richiederne la rettifica o la cancellazione scrivendo a: ArpaCampania Ambiente, Via Vicinale Santa Maria del Pianto, Centro Polifunzionale, Torre 1-80143 Napoli. Informativa Legge 675/96 tutela dei dati personali.

Sito	Fattori principali
Pineta Grande Sud	<ol style="list-style-type: none"> 1. precipitazioni nei due giorni precedenti al prelievo - stazione SME; 2. temperatura dell'acqua; 3. intensità della corrente; 4. direzione della corrente.
Villaggio Coppola	<ol style="list-style-type: none"> 1. direzione della corrente; 2. intensità della corrente; 3. precipitazioni nei due giorni precedenti al prelievo - stazione CV; 4. temperatura dell'acqua.

Fig. 4. Fattori determinanti la variabilità statistica della qualità microbiologica nei due siti considerati

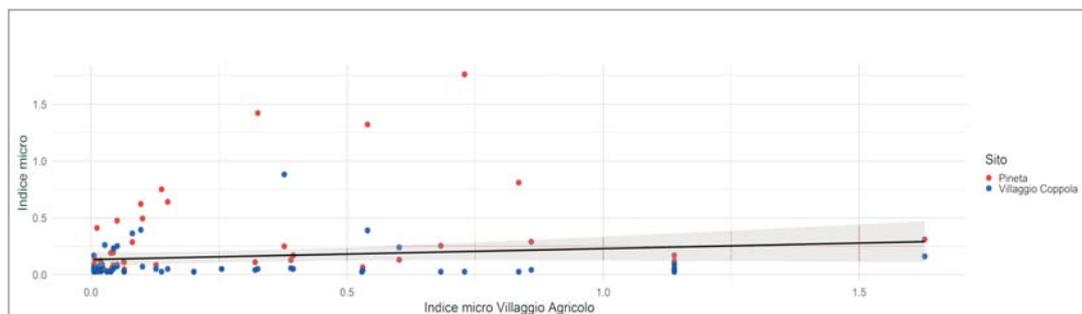


Fig. 5. Valori di Indice Micro dei siti PGS e VC in relazione ai valori di Indice Micro di VA con retta di regressione e relativi intervalli di confidenza al 95%. Rosso: sito PGS; blu: sito VC.