

Indagini batteriologiche sullo stato di inquinamento del litorale marino di Anzio (*)

LORENZO VILLA, GIOVANNI MACCHIA e MIRELLA MAZZOTTI

Laboratori di Microbiologia

Riassunto. — È stata eseguita nei mesi invernali ed estivi del 1966 una indagine batteriologica sullo stato di inquinamento del litorale marino di Anzio in rapporto alla presenza, lungo detto litorale, di numerosi scarichi che versano in mare i liquami di fogna della cittadina. I risultati mostrano un grado di inquinamento globale non eccessivo, con l'eccezione delle acque del porto e di quelle prelevate vicino agli scarichi. Il grado di inquinamento delle altre zone tende a diminuire durante i mesi estivi.

Summary. (*Bacteriological studies on the state of pollution of the coastal waters near Anzio*). — A bacteriological investigation on the state of pollution of the coastal waters near Anzio was carried out during the summer and winter months of 1966. The town has a sewage-system which drains directly into the sea through numerous outlets of which the main one is near the Molo Innocenziano. This outlet is noted as A in Fig. 1, in which B, C, D, E, F. are the smaller outlets. The total number of samples (see sampling points noted in Fig. 1 with numbers 1 to 30) was 150, subdivided into 5 groups of 30, according to Table 1 in which meteorological conditions are also recorded. As it can be seen from Table 2, the degree of pollution of the seacoast is a cause of worry only in the vicinity of the outlets and in the harbour. The degree of contamination of the seawater out the harbour decreases from winter to summer.

La presente indagine di carattere preliminare fa parte di un programma che l'Istituto Superiore di Sanità intende attuare per un rilevamento delle condizioni igieniche del litorale marino italiano in rapporto alla balneazione e alla coltivazione di molluschi eduli.

(*) I risultati di questa indagine sono stati presentati in via preliminare alla «International Conference on Water for Peace», Washington, U.S.A., 23-31 maggio 1967.

Poichè il litorale di Anzio è, durante la stagione estiva, assai frequentato da bagnanti, si è ritenuto opportuno controllarne lo stato di inquinamento determinato dagli scarichi cittadini, la rarefazione che esso subisce per azione della diluizione e delle correnti e le variazioni stagionali che lo caratterizzano.

Si è inteso inoltre controllare i limiti di utilizzabilità del metodo batteriologico quando si vogliano conoscere con sufficiente approssimazione i limiti delle aree inquinate.

MATERIALI E METODI

Descrizione dei luoghi e note talassografiche. — La posizione geografica del porto, preso come caposaldo il faro, è di $42^{\circ} 26' 42''$ di latitudine Nord e $12^{\circ} 37' 23''$ longitudine Est Greenwich. Vi dominano i venti del secondo e del terzo quadrante.

Nell'estate prevalgono i venti che spirano da Ponente e Maestro; nell'inverno sono frequenti le Tramontane e i Grecale. Le coste, prevalentemente sabbiose, sono soltanto in qualche parte rocciose.

La spiaggia è assai sottile lungo il litorale di Anzio e in aumento anche nel tratto verso Nettuno dove continua al largo sott'acqua ad avanzarsi, mentre, verso ponente, si trova in corrosione. Dinnanzi a Nettuno la pendenza del fondo è del 2 % fino a tre metri di profondità; diventa poi del 0,50 % fino a dieci metri; la profondità di 17 metri si trova ad oltre 3 Km dalla riva. Procedendo verso il promontorio di Anzio le condizioni del fondo cambiano gradatamente e, in corrispondenza del promontorio, la spiaggia sotto-marina ha una pendenza maggiore e la profondità di 17 metri si trova a 2 Km dalla riva. Infine, in corrispondenza del Capo d'Anzio, a NW del Faro, aumenta ancora la pendenza che è del 2 % fino a 3 metri di profondità; il fondale di 17 metri si incontra a 1,3 Km. La linea neutra si trova a grande distanza, poichè la pendenza del fondo marino è lieve.

La corrente marina superficiale prevalente, che nel periodo invernale è in direzione da SE a NW, risente, nel periodo estivo, dello spostamento verso Nord del Circuito Anticiclonico Tirrenico con conseguente inversione della direzione prevalente (METALLO, 1961).

La cittadina vera e propria si estende in direzione Est verso il limitrofo abitato di Nettuno continuandosi con esso praticamente senza soluzione di continuità. Al livello del confine fra detti Comuni, gli edifici sono di scarso numero, essendo ubicati esclusivamente lungo la strada litoranea. In direzione NW, Anzio si estende all'incirca fino alla Caserma Militare; in questa direzione si incontrano ancora molte abitazioni situate sul mare e piccoli agglomerati di cui il più consistente ha il nome di Anzio Colonia.

Impianti di fognatura. — La cittadina presenta una rete fognante che comunica con il mare attraverso vari sbocchi (Fig. 1). Il principale è situato

in corrispondenza del Molo Innocenziano (A). I liquami che vengono versati in mare a pochi metri dal Molo, subiscono, soltanto nei mesi estivi, un processo di chiarificazione. Altro sbocco (B) è situato all'interno del porto. In direzione Nord-Ovest, in corrispondenza delle Grotte di Nerone, si trova un collettore che scarica soltanto acque bianche. Poichè è noto che sovente, in fognature per acque bianche, vengono abusivamente fatti degli abboocchi per lo scarico di liquami luridi, si è ritenuto opportuno fare dei prelevamenti in corrispondenza di detto sbocco (C). Un altro collettore, per la eliminazione delle acque bianche (D), è situato al livello dell'Ospedale Militare che si serve della fognatura comunale per la eliminazione dei liquami luridi. In corrispondenza della Caserma Militare si trova un altro collettore che scarica acque nere (E). Altro sbocco di acque luride, notevolmente più importante del precedente, è situato in località Bottaccio (F). Esso raccoglie acque bianche e nere di un agglomerato di edifici piuttosto esteso. In corrispondenza di una colonia marina di notevole recettività, dotata di un pozzo nero per le acque luride, esiste uno sbocco di acque bianche.

Campionamento. — I campioni di acqua marina sono stati prelevati nei mesi invernali ed estivi dell'anno 1966. Il numero complessivo dei prelevamenti eseguiti è stato di 150, suddivisi in cinque serie di 30, secondo la Tab. 1, nella quale sono riportate anche le condizioni meteorologiche. Si

TABELLA 1.

Diario dei prelevamenti e condizioni meteorologiche.

Data	4-feb-66	23-mar-66	28-apr-66	23-giu-66	3-ago-66
Ore	9,45-11,50	10-11,40	10,45-12,30	10,25-12,30	10-12,30
Temperatura acqua . . .	13°C	13°C	17°C	24°C	22,5°C
Temperatura aria . . .	12,5-13°C	15°C	17,5°C	25°C	30°C
Cielo	quasi sereno	coperto	coperto	sereno	sereno
Mare	poco mosso	poco mosso	poco mosso	quasi calmo	calmo
Vento	debole da Est	sensibile da Nord-Est	debole da Nord	debole da Ovest	debole da Sud
Corrente	SE-NW	SE-NW	SE-NW	NW-SE	SE-NW

sono fatti prelevamenti a varia distanza dai punti di sbocco e in varie direzioni (Fig. 1), raggiungendo la distanza massima da riva di metri 1000. La profondità dei prelevamenti è stata di circa 15 cm sotto la superficie del mare. I campioni, conservati alla temperatura di 6°-10°C, sono stati seminati entro un tempo massimo di 6 ore dal prelievo.

Determinazioni effettuate. — Sui campioni di acqua prelevati sono state eseguite le seguenti indagini: conta dei coliformi, dei coliformi fecali, delle spore di clostridi solfito-riduttori e la carica batterica totale su agar a 37 °C. I coliformi sono stati determinati seguendo la consueta tecnica del *Most Probable Number*. È stata seminata la frazione massima di ml 1 di acqua

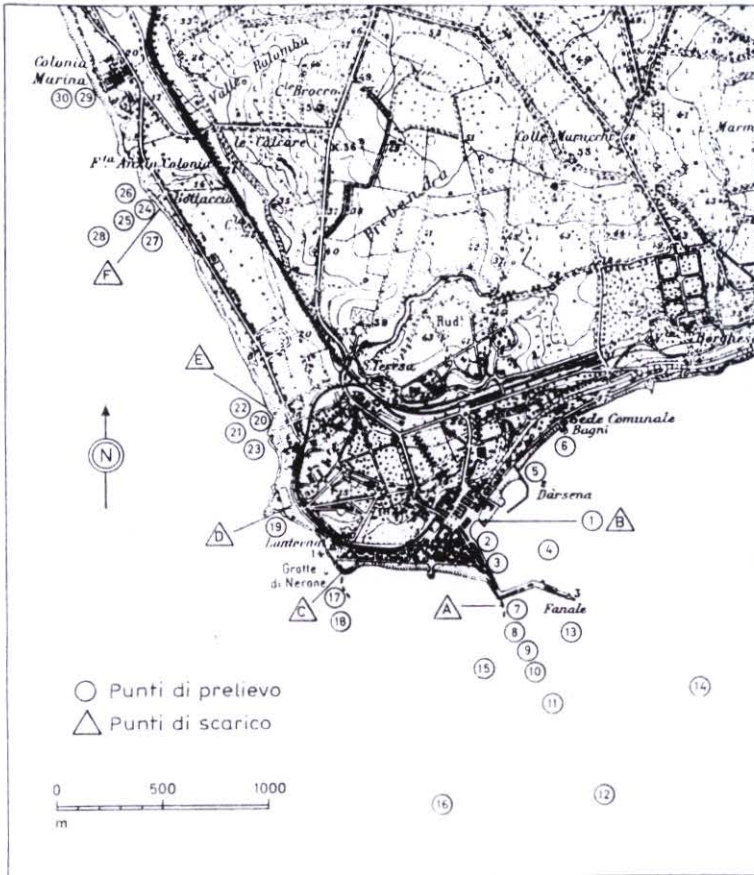


Fig. 1. — Carta della zona oggetto dell'indagine.

marina, e non di ml 10, come previsto per le acque destinate ad uso potabile. Per ogni campione sono state seminate tre serie di tubi di brodo lattosato, con diluizioni scalari decimali dell'acqua. I tubi di brodo lattosato positivi sono stati sottoposti alle prove di conferma per coliformi e coliformi fecali consigliate dalle norme internazionali (O. M. S., 1965).

Le spore di clostridi solfito-riduttori sono state ricercate su terreno di Wilson e Blair, previo riscaldamento dell'acqua a 75°C per 5 min. e idonea diluizione di essa.

La carica batterica totale è stata determinata su *Trypticase-Glucose-Extract-Agar* con incubazione a 37°C per 48 ore.

RISULTATI

Come risulta dalla Tab. 2, i prelevamenti eseguiti nel mese di febbraio hanno dimostrato un grado di inquinamento batterico globale di notevole consistenza. Per l'inquinamento provocato dallo sbocco più cospicuo (A) (Camp. dal n. 7 al n. 16) si nota, tranne qualche eccezione, che esso si attenua rapidamente in relazione alla distanza da terra entro i primi duecento metri (Camp. n. 9) e che si ha, in concordanza con la direzione della corrente, una situazione peggiore verso Ovest (Camp. n. 15). Il campione n. 18 mostra una elevata carica di coliformi e di fecali, addirittura superiore al campione n. 17; ciò è probabilmente in relazione al fatto che la corrente ha trasportato acqua inquinata proveniente dalla zona dello scarico principale (A) verso Nord-Ovest, mantenendosi lontana dalla costa, la quale, peraltro, forma una insenatura.

I prelevamenti eseguiti vicino allo sbocco del Bottaccio (F), (Camp. dal n. 24 al n. 28) mostrano, oltre ad un generale forte inquinamento della zona, una accentuazione dell'inquinamento a Nord-Ovest rispetto a Sud-Est.

Lo stato di inquinamento rilevato nel mese di marzo presenta, presso a poco, l'andamento di quello di febbraio. Particolarmente importante l'inquinamento determinato dallo sbocco del Bottaccio.

I prelevamenti del mese di aprile hanno messo in evidenza un aggravarsi dell'inquinamento a notevole distanza dal collettore principale (Campioni n. 10, 11, 12). Si continua a rilevare il fenomeno, presentatosi nei mesi precedenti, del discreto grado di inquinamento nei pressi degli sbocchi di acque bianche (C, D).

I prelevamenti eseguiti nel mese di giugno, mettono in evidenza un maggior grado di inquinamento all'interno del porto, un modestissimo grado di inquinamento nelle restanti zone esaminate e un enorme decremento di inquinamento tra i campioni prelevati a 30 ed a 100 metri dallo sbocco del Molo Innocenziano (Camp. n. 7 e 8) e quelli prelevati a 200 metri ed oltre, nelle varie direzioni (Camp. da 9 a 16).

I prelevamenti eseguiti nel mese di agosto fanno rilevare un inquinamento massiccio dell'acqua del porto ancora superiore a quello del mese di giugno (Camp. n. 1, 2 e 3). Gli altri campioni mettono in evidenza un modesto grado di inquinamento, con la eccezione dei campioni prelevati nelle immediate vicinanze dello sbocco delle acque luride vicino alla Caserma e dello sbocco del Bottaccio (Camp. n. 20 e 24).

Il grado complessivo di inquinamento va quindi progressivamente diminuendo nei mesi estivi, con un minimo nel mese di giugno, con l'unica eccezione delle acque del porto.

CONCLUSIONI

I risultati ottenuti consentono di giudicare relativamente soddisfacente, sotto il profilo igienico in rapporto alla balneazione, la situazione del litorale di Anzio, almeno nei mesi estivi. Sarebbe però opportuno, in attesa di provvedimenti più radicali, che la balneazione venisse rigorosamente vietata nelle zone maggiormente esposte all'inquinamento e cioè almeno nelle vicinanze degli sbocchi di acque luride. Il minor grado di contaminazione riscontrato nei mesi estivi, rispetto ai mesi invernali, è da attribuirsi, a nostro parere, oltre che all'entrata in funzione dell'impianto di chiarificazione, alla maggiore capacità autodepurativa dell'acqua di mare, (VACCARO *et al.*, 1950; GREENBERG, 1956; CIOGLIA & LODDO, 1961), ed al diverso andamento delle correnti prevalenti nei mesi estivi.

È significativa in proposito la rapida rarefazione dell'inquinamento che è stata rilevata nei prelievi di giugno e di agosto, in corrispondenza dello sbocco principale (A), anche a distanza relativamente breve (200 m). È da ritenere che tale fenomeno trovi la sua spiegazione nella direzione della corrente (Ovest-Est) che ha permesso un rapido allontanamento dell'inquinamento in direzione Est. Tale inquinamento non è stato rilevato nei punti 5 e 6 in quanto, verosimilmente, questa zona è rimasta protetta dalla sporgenza in mare del Molo.

La determinazione dei coliformi totali offre, già da sola, un metro abbastanza esatto per valutare la dispersione dei liquami inquinanti nel recipiente marino. Tuttavia la determinazione dei coliformi fecali offre un più preciso criterio di giudizio sul grado di inquinamento fecale delle acque superficiali, anche secondo il più recente orientamento degli A.A. americani (GELDREICH, 1966), in relazione all'uso cui sono destinate. Il conteggio dei germi totali e delle spore di solfito-riduttori non offre invece dati di rilievo che possano giustificare la loro utilizzazione come metodica *standard* soprattutto ove si considerino il materiale ed il tempo richiesti.

La determinazione delle curve «isocoli» ed «isocariche», frequentemente impiegata per rappresentare graficamente i fenomeni di inquinamento, (DEL VECCHIO *et al.*, 1960; BELLANTE, D'ARCA SIMONETTI & DE MARTIIS 1962; MARTIN WEDARD & NAPOLI, 1962) non è applicabile ai nostri risultati senza ricorrere a vistose interpolazioni. La determinazione di queste curve, nella specifica situazione del litorale da noi esaminato, può essere resa possibile dal prelevamento di un più elevato numero di campioni, il che ren-

Risultato degli

Punti di prelievo	F E B B R A I O				M A R Z O				A P R	
	Coliformi MPN per 100 ml	C. fecali MPN per 100 ml	Colonie su agar a 37°C per ml	Spore di solfito-riduttori per 10 ml	Coliformi MPN per 100 ml	C. fecali MPN per 100 ml	Colonie su agar a 37°C per ml	Spore di solfito-riduttori per 10 ml	Coliformi MPN per 100 ml	C. fecali MPN per 100 ml
1	>1.100.000	>1.100.000	83.000	1.500	460.000	460.000	20.000	1.000	>1.100.000	460.000
2	210.000	210.000	6.500	30	23.000	23.000	5.000	1.000	4.000	4.000
3	43.000	15.000	2.500	10	4.000	4.000	1.000	3	4.000	4.000
4	2.400	930	100	12	430	< 30	80	3	40	40
5	2.400	430	200	6	930	430	50	11	40	< 30
6	750	750	90	7	150	90	70	6	< 30	< 30
7	240.000	43.000	30.000	200	240.000	210.000	2.700	100	460.000	150.000
8	> 11.000	> 11.000	18.000	300	4.000	4.000	800	0	< 30	< 30
9	930	930	80	1	430	430	70	15	< 30	< 30
10	750	140	60	4	240	240	50	1	150	150
11	430	430	11	2	90	90	20	3	230	90
12	430	90	40	0	40	30	25	0	430	430
13	430	230	120	2	210	200	45	1	< 30	< 30
14	930	150	80	0	30	< 30	60	0	< 30	< 30
15	1.500	1.500	200	10	930	930	50	2	< 30	< 30
16	930	230	70	1	750	430	80	0	930	930
17	230	90	18	3	230	230	44	0	430	430
18	1.500	390	53	2	930	930	23	8	230	230
19	40	30	95	1	30	< 30	120	0	11.000	11.000
20	430	150	210	0	750	750	200	1	1.500	1.500
21	150	70	34	1	930	930	150	2	40	40
22	930	930	34	5	930	930	300	1	390	230
23	230	90	20	0	640	390	250	0	230	< 30
24	930	930	150	1	4.000	4.000	5.000	11	11.000	< 30
25	< 30	< 30	170	0	2.400	2.400	54	5	40	< 30
26	11.000	11.000	180	12	3.900	2.300	80	3	< 30	< 30
27	230	230	15	0	930	930	40	0	< 30	< 30
28	930	930	11	4	430	230	23	0	< 30	< 30
29	430	430	300	1	40	< 30	3	0	< 30	< 30
30	90	40	12	0	90	< 30	15	0	< 30	< 30

TABELLA 2.

esami batteriologici

I L E		G I U G N O				A G O S T O			
Colonie su agar a 37°C per ml	Spore di solfito-riduttori per 10 ml	Coliformi MPN per 100 ml	C. fecali MPN per 100 ml	Colonie su agar a 87°C per ml	Spore di solfito-riduttori per 10 ml	Coliformi MPN per 100 ml	C. fecali MPN per 100 ml	Colonie su agar a 37°C per ml	Spore di solfito-riduttori per 10 ml
280.000	1.000	>1.100.000	1.100.000	>3.000.000	> 1.000	>1.100.000	>1.100.000	>3.000.000	1.000
5.000	50	460.000	460.000	50.000	900	>1.100.000	>1.100.000	150.000	1.000
3.500	60	460.000	240.000	40.000	500	>1.100.000	>1.100.000	110.000	1.000
6	1	30	30	2	0	40	< 30	500	1
79	0	< 30	< 30	5	1	40	< 30	400	0
10	0	< 30	< 30	1	0	40	< 30	100	0
40.000	300	460.000	460.000	4.800	520	240.000	240.000	40.000	140
500	2	39.000	14.000	500	100	3.000	3.000	20.000	10
9	0	< 30	< 30	1	0	< 30	< 30	200	3
7	2	< 30	< 30	0	0	< 30	< 30	400	0
25	3	< 30	< 30	1	0	< 30	< 30	300	2
26	0	< 30	< 30	0	0	< 30	< 30	1.000	0
5	0	< 30	< 30	1	0	< 30	< 30	200	0
2	0	< 30	< 30	1	0	90	< 30	400	1
6	0	30	30	1	0	< 30	< 30	200	1
7	2	< 30	< 30	2	0	< 30	< 30	6.000	0
13	1	90	90	3	2	30	< 30	200	0
12	0	< 30	< 30	1	0	< 30	< 30	100	0
2.000	10	40	< 30	2	0	< 30	< 30	200	1
99	2	< 30	< 30	2	1	2.400	2.400	100	100
2	0	< 30	< 30	1	0	< 30	< 30	400	0
21	1	< 30	< 30	0	0	30	< 30	50	1
11	0	< 30	< 30	1	0	< 30	< 30	500	0
3.000	15	< 30	< 30	1	1	390	390	10.000	2
5	0	< 30	< 30	5	0	< 30	< 30	7	0
5	0	< 30	< 30	1	0	< 30	< 30	50	0
5	0	< 30	< 30	3	1	< 30	< 30	50	0
10	0	< 30	< 30	1	0	< 30	< 30	50	0
20	0	< 30	< 30	2	0	< 30	< 30	100	0
8	0	< 30	< 30	0	0	< 30	< 30	300	0

derebbe difficoltosa l'esecuzione, nella stessa giornata, di tutti i prelievi e delle relative semine.

Lo studio accurato delle variazioni nel tempo e nello spazio dell'entità dell'inquinamento costiero non è sempre attuabile, a nostro giudizio, ricorrendo ai soli rilievi batteriologici, tranne che non si eseguano campionamenti estremamente frequenti. Riteniamo pertanto che, per la realizzazione di programmi di indagine su vasta scala, il rilevamento batteriologico debba essere affiancato da altri sistemi che consentano di seguire con continuità l'andamento della zona inquinata. Fra questi sistemi, ci sembra degno di attenzione l'uso di coloranti, o di altre sostanze rilevabili otticamente, immessi negli effluenti, che consentano di visualizzare e registrare anche fotograficamente l'andamento del fenomeno di diluizione e di trasporto dell'effluente nel recipiente (ROMANOVSKY, 1964). Sono in corso, in collaborazione con ricercatori di altri Laboratori del nostro Istituto, indagini preliminari per la scelta dei materiali e dei metodi più idonei che permettano l'utilizzazione dei traccianti ottici nello studio dell'inquinamento delle coste italiane.

Gli A. A. ringraziano l'Ufficio Circondariale Marittimo di Anzio per la collaborazione prestata nella realizzazione delle ricerche.

9 dicembre 1967.

BIBLIOGRAFIA

- BELLANTE, E., A. D'ARCA SIMONETTI & G. DE MARTIIS, 1962. Lo stato di inquinamento dell'acqua marina nella zona costiera di S. Felice Circeo. 2a nota, relativa alla stagione estiva 1961. *Igiene Sanità Pubblica*, **18**, 345-364.
- CIOGLIA, L. & B. LODDO, 1961. Sui processi di autodepurazione nell'ambiente marino. *Nuovi Ann. Igiene Microbiol.*, **12**, 15-36.
- DEL VECCHIO, V., E. BELLANTE, A. D'ARCA SIMONETTI & G. DE MARTIIS, 1960. Lo stato di inquinamento dell'acqua marina nella zona costiera di S. Felice Circeo. 1a nota, relativa alla stagione estiva 1959. *Igiene Sanità Pubblica*, **16**, 397-430.
- GELBREICH, E. E., 1966. *Sanitary significance of fecal coliforms in the environment*. Federal Water Pollution Control Administration. Cincinnati, Ohio, U. S. A.
- GREENBERG, A. E., 1956. Survival of Enteric Organisms in Sea Water. *Publ. Health Reports*, **71**, 77-86.
- MARTIN WEDARD, A. & A. NAPOLI, 1962. Lo stato di inquinamento dell'acqua di mare nella zona costiera di Salerno. *Riv. Ital. Igiene*, **22**, 5-21.
- METALLO, A., 1961. Il Campo Stabile Meteo-Oceanografico del Mediterraneo. *Atti del 18° Congresso Geografico Italiano*, Trieste.
- O.M.S., 1965. *Normes internationales pour l'eau de boisson*. Genève.
- ROMANOVSKY, V., 1964. Use of Dyes in the Study of the Diffusion of Effluents into the Sea. *Proc. 2nd Intern. Conference on Water Pollution Research*. Tokyo, Japan.
- VACCARO, R. F., M. P. BRIGGS, C. L. CAREY, B. H. KETCHUM, 1950. Viability of *Escherichia coli* in Sea Water. *Am. J. Publ. Health*, **40**, 1257-1266.