

una situazione, possono aver bisogno di alcuni giorni per adeguarsi a cambiamenti di condizioni. Di conseguenza, cellule o colonie possono mostrare un persistente galleggiamento ed accumulare in superficie. Da sottolineare anche l'importanza del vento che può sospingere schiume e accumuli di cianobatteri nelle aree sottovento (Fig1) dove possono essere raggiunte densità particolarmente elevate (Bartram & Rees; 2000).

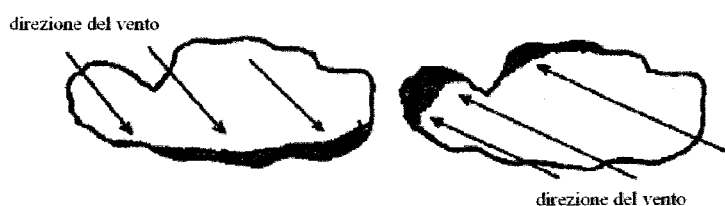


Fig.1. Azione del vento nell'accumulo di cianobatteri (Bartram & Rees, 2000)

Questo aspetto è di notevole importanza e dovrebbe essere considerato nel programmare le attività di sorveglianza delle acque di balneazione, che dovrebbero essere pianificate anche sulla base di una conoscenza adeguata delle caratteristiche generali del corpo idrico. In riferimento ad un lago, dovrebbero essere definiti:

- la zona eufotica, caratterizzata da un'attività fotosintetica;
- il gradiente termico, che permette di conoscere la distribuzione di quei nutrienti, che favoriscono le fioriture di cianobatteri e ne influenzano la distribuzione lungo la colonna d'acqua anche nell'arco della giornata. (Wetzel & Likens, 2000; Wetzel, 2001).
- l'epilimnio (lo strato caldo superficiale); il metalimnio (lo strato intermedio di un lago stratificato); il termoclino (la zona in cui la temperatura rapidamente diminuisce di un grado per metro) e l'ipolimnio (il freddo strato denso che si trova in prossimità del fondo).
- i periodi dell'anno (generalmente primavera ed autunno nei laghi temperati) durante i quali parte della colonna d'acqua va incontro a rimescolamento delle acque e dei suoi componenti eliminando la stratificazione superficiale (questo fenomeno è particolarmente importante per comprendere la dinamica di popolazione di cianobatteri).

In climi temperati, di solito, i cianobatteri risultano essere la popolazione dominante dalla metà dei mesi estivi fino ai primi freddi, mentre in climi sub- e tropicali possono dominare per l'intero arco dell'anno (Chorus and Bartram, 1999; Wetzel, 2001; Falconer, 2005; Huisman et al. 2005). Questa tuttavia è una generalizzazione che per alcune specie di cianobatteri non è da considerarsi valida: *Planktothrix* spp. ad esempio dà luogo a fioriture durante il periodo autunno/inverno nelle zone temperate.

Pur essendo generalmente vero che l'eutrofizzazione di un corpo idrico favorisce la crescita di cianobatteri, in alcuni casi possono essere osservate fioriture anche in acque oligotrofiche, soprattutto nel caso di fioriture di specie prettamente invernali (es. *Planktothrix rubescens*).

Individuazione dei corpi idrici che possono essere soggetti a fioriture

Come prima azione è necessario effettuare una prima ricognizione dei corpi idrici d'interesse attraverso un'indagine che preveda la valutazione dei dati storici, la capacità del corpo idrico di sostenere le fioriture attraverso l'analisi dei nutrienti, l'ispezione visiva per osservare eventuali accumuli di cianobatteri e la valutazione della trasparenza (con disco Secchi).

Nell'ispezione visiva è bene tener presente che la proliferazione di alcuni tipi di alghe (ad esempio *Euglena*, *Botryococcus*) e di alcune macrofite acquatiche, in particolare la lenticchia d'acqua (*Lemna*), potrebbero essere confuse con proliferazioni di cianobatteri (<http://www.scotland.gov.uk/Publications/2002/05/14852/5357>).

Queste attività dovrebbero essere svolte durante la stagione balneare in siti rappresentativi per le attività di balneazione.

Da questa ricognizione possono emergere tre situazioni diverse:

1. Bacini che non hanno fioriture e che non le possono sostenere.
Per questi bacini è consigliato un controllo annuale, attraverso ispezione visiva, valutazione della trasparenza e misura dei nutrienti che attesti che le condizioni non siano cambiate.
2. Bacini nei quali non sono state rilevate specie di cianobatteri potenzialmente tossici ma che potrebbero sostenerne le fioriture (ad esempio, trasparenza inferiore a 2 m, fosforo totale > 0.02 mg/l). Per questi bacini è consigliato un controllo stagionale, attraverso ispezione visiva, valutazione della trasparenza e analisi del fitoplancton.
3. Bacini con fioriture, per i quali è necessario procedere ad una pianificazione delle attività di monitoraggio.

Piano di monitoraggio

Selezione dei siti di campionamento

Le aree che dovranno essere oggetto di indagine sono principalmente quelle che si presuppone possano essere soggette a fioriture di cianobatteri (baie, rive maggiormente esposte al vento), o che

lo siano state nel passato. Nel caso vengano svolti sport acquatici (sci d'acqua, wind-surf, etc.) è opportuno effettuare campionamenti anche nell'area interessata.

Periodo del campionamento

I campionamenti dovrebbero essere avviati in anticipo rispetto all'apertura della stagione balneare (minimo due settimane) e condotti fino alla sua conclusione.

Analisi da svolgere e loro frequenza

Fase I:

- Ispezione visiva e valutazione della trasparenza (mensile)
 - Analisi dei nutrienti (2 volte l'anno, in primavera durante il rimescolamento e in estate)
 - Misurazione della temperatura per evidenziare stratificazioni (mensile)
- Qualora la trasparenza sia $< 2\text{m}$ è opportuno passare alla fase II, se sono invece visibili fioriture o evidenti colorazioni dell'acqua si dovrebbe passare direttamente alla fase III.

Fase II:

- Ispezione visiva e valutazione della trasparenza (bisettimanale)
 - Misurazione della temperatura
 - Valutazione delle condizioni del vento e dei rimescolamenti dovuti a turbolenze
- Se sono evidenti fioriture o schiume o colorazioni dell'acqua e se la trasparenza è $< 1\text{ m}$ si dovrebbe passare alla fase III.

Fase III:

- Ispezione visiva e trasparenza
- Analisi quali e quantitativa dei cianobatteri tramite conta microscopica. Ove possibile, identificazione della specie tramite metodi molecolari
- Analisi quali/quantitativa delle tossine. Un'ampia rassegna dei metodi biologici e chimici attualmente disponibili per la quantificazione delle cianotossine sono consultabili nel Rapporto Istisan 08/06 (Funari et al. 2008)

Nel caso in cui si vogliano acquisire informazioni sulla dimensione e distribuzione della popolazione di cianobatteri nel corpo idrico si possono prevedere campionamenti a diverse profondità.

Consigli per la stesura di Procedure Operative Standard (POS)

Per rendere le misure ripetibili e confrontabili nel tempo e identificare immediatamente le variazioni, indipendentemente dagli operatori che potrebbero alternarsi nei prelievi, è necessario che ogni struttura preposta si doti di Procedure Operative Standard che descrivano equipaggiamento e procedure di campionamento. Di seguito sono riportati alcuni punti da tenere in considerazione per la stesura delle POS.

Equipaggiamento

- Prelevare i campioni per l'analisi delle tossine algali in bottiglie di vetro scuro dal collo largo e con tappi rivestiti di teflon.
- Prelevare i campioni per la conta cellulare in contenitori puliti di plastica o vetro.
- Prelevare i campioni per la stima della biomassa in contenitori puliti di plastica o vetro.
- Controllare sempre tutti i contenitori ed i tappi affinché siano privi di difetti. Non utilizzare quelli che presentano imperfezioni o che non siano perfettamente puliti.
- Utilizzare sempre i dispositivi di protezione individuale (DPI). Il grado ed il tipo di misure cautelative da prendere devono essere correlate alle caratteristiche del bloom da campionare; si consiglia comunque di adottare sempre il più elevato grado di protezione compatibile con le condizioni di lavoro. Il personale addetto al campionamento deve quindi essere adeguatamente protetto al fine di ridurre l'esposizione a queste tossine. Per ridurre tale rischio è necessario pianificare le campagne di monitoraggio con il personale coinvolto in modo da assicurarsi che tutto il personale sia adeguatamente formato ed equipaggiato con i DPI e gli equipaggiamenti appropriati.

Prelievo di campioni di schiume superficiali

- Ai fini di prelevare un campione di schiuma in modo ripetibile si consiglia, prima di effettuare il campionamento, di mescolare leggermente la schiuma con lo strato d'acqua sottostante al fine di disperderla nei primi 10 cm di acqua in una superficie adeguata (ad esempio, di circa 0.5m di diametro).
- Prelevare velocemente un campione nei primi 5-10 cm della colonna d'acqua, evitando di rasentare la superficie.
 - Immergere lentamente il contenitore, dalla parte con l'apertura
 - Capovolgere la bottiglia nella direzione della corrente, far entrare l'acqua fino a riempire la bottiglia.

- Versare una piccola quantità di campione in modo da consentire l'omogeneizzazione una volta in laboratorio.
- Chiudere velocemente il contenitore serrando bene

Prelievo di campioni d'acqua di superficie

- Prelevare il campione sistematico di tipo istantaneo a circa 5-10 cm di profondità. Non prelevare il campione rasentando la superficie.
- Non sciacquare l'interno del contenitore con l'acqua del corpo idrico in esame prima del campionamento.
- Prelevare il campione direttamente nel contenitore:
 - Immergere lentamente il contenitore, dalla parte con l'apertura. Se sono presenti schiume che non si intende campionare, evitare quanto possibile di attraversarle con il contenitore.
 - Capovolgere la bottiglia alla profondità desiderata possibilmente nella direzione della corrente, far entrare l'acqua fino a riempire la bottiglia.
 - Versare una piccola quantità di campione in modo da consentire l'omogeneizzazione una volta in laboratorio.
 - Chiudere velocemente il contenitore serrando bene

Prelievo di campioni dalla colonna d'acqua

Per campionare a diverse profondità si consigliano bottiglie Niskin o alpha o con contenitori equivalenti.

Trasporto e conservazione dei campioni

- Dopo il campionamento pulire accuratamente l'esterno del contenitore.
- I campioni devono essere trasportati al laboratorio per l'analisi nel più breve tempo possibile (non superiore alle 8 ore), al buio e refrigerati.
- Entro 8 ore dal campionamento, fissare le aliquote di campione destinate alla conta cellulare o alla stima del biovolume con una quantità appropriata di Lugol per una analisi a breve termine o con formalina (2,5%) per una conservazione del campione a più lungo termine.
- Il resto dei campioni dovrà essere conservato/trattato in condizioni da definirsi in base alle analisi che si intende effettuare.

La prevenzione attraverso l'informazione

La consapevolezza che le fioriture di cianobatteri rappresentano un rischio per la salute sia delle persone che degli animali è un prerequisito per evitare o ridurre i loro effetti nocivi. La conoscenza delle cause e degli effetti delle fioriture infatti ha un duplice scopo: la protezione dai rischi per la salute umana, e la riduzione a lungo termine del fenomeno delle fioriture anche attraverso la partecipazione del pubblico. Una maggiore informazione è necessaria non solo a livello delle persone che utilizzano direttamente l'acqua (bagnanti, sportivi ecc.) ma anche di agenzie e autorità (Chorus & Bartram, 1999).

Informazione alle autorità.

Le categorie professionali che dovrebbero ricevere informazioni aggiornate sulle fioriture di cianobatteri per pianificare con efficienza i piani di intervento dovrebbero includere: le aziende e le autorità preposte al trattamento e alla fornitura di acqua, i medici e i veterinari, le autorità preposte alla tutela della salute pubblica e ambientale a livello locale, regionale e nazionale. Sarebbe opportuna la promozione di un network istituzionale. Le iniziative volte ad incrementare la conoscenza del problema dovrebbero includere conferenze, workshop, articoli su riviste specializzate, pubblicazione di manuali.

Informazione al pubblico.

Uno dei maggiori problemi sia nei Paesi in via di sviluppo che in quelli industrializzati è la mancanza di una conoscenza adeguata di questa problematica proprio da parte delle persone potenzialmente esposte alle cianotossine. Per quanto riguarda l'esposizione attraverso l'acqua di balneazione, alcune semplici misure preventive potrebbero essere sufficienti per minimizzare il rischio sanitario. Poiché alcuni cianobatteri tossici tendono ad accumularsi in superficie e soprattutto vicino alle spiagge, è sufficiente evitare l'esposizione alle fioriture per ridurre il rischio. E' dunque necessario informare il pubblico in modo che acquisisca la capacità di riconoscere le fioriture.

Quando la concentrazione di cianobatteri in un corpo idrico supera i livelli di guardia, il pubblico, e in particolare gli utenti del corpo idrico interessato, dovrebbero essere avvisati attraverso i normali mezzi di comunicazione (stampa, televisione, radio). Il comunicato dovrebbe essere rapido e sintetico, pur includendo tutte le informazioni riguardanti eventuali cambiamenti nelle caratteristiche del corpo idrico, come sapore, odore, colore, che possano mettere in guardia gli utenti.

E' senz'altro utile anche la cartellonistica, sistemando segnali di avvertimento nei principali punti di accesso al sito di balneazione interessato dalla fioritura. Tali segnali dovrebbero essere ben visibili,

semplici nei simboli e diretti nelle espressioni (ad esempio, non bere quest'acqua, non nuotare, evitare il contatto con l'acqua, non far giocare i bambini nell'acqua, non far bere gli animali, non pescare).

Di seguito sono riportati gli esempi di alcuni paesi nei quali, attraverso varie modalità, viene raggiunto un elevato livello di informazione del pubblico dei problemi derivanti dalla presenza di cianobatteri nei corpi idrici.

Danimarca (Christoffersen 2005) In Danimarca numerosi corpi idrici, accessibili al pubblico per varie attività ricreative, sono soggetti a frequenti fioriture di cianobatteri planctonici. Le autorità hanno costituito un 'gruppo di allerta' che decide cosa deve essere fatto e da chi, nel caso di fioritura. Un piano di azione immediato in genere include:

- la messa in opera di meccanismi di protezione (ad es. barriere galleggianti, segnali di pericolo al sito di balneazione, e avvertimenti di pericolo al pubblico sui quotidiani)
- l'informazione alle autorità (ad es. aziende sanitarie, medici, centri veterinari)
- l'informazione diretta a gruppi locali (ad es. asili, circoli sportivi e gruppi scout)

In Danimarca non esistono linee guida ufficiali che definiscano la quantità limite di cianobatteri nelle acque di balneazione, ma le autorità locali sistemano cartelli nel sito interessato che informano il pubblico del fatto che l'acqua può contenere cianobatteri, , sconsigliano il nuoto e il contatto con l'acqua. Si consiglia alle persone di evitare il contatto con l'acqua nel caso in cui non riescano a vedere i loro piedi camminando nell'acqua lungo la riva. Viene anche raccomandato di non far giocare i bambini in acqua e di non far bere gli animali domestici.

Germania (Chorus, 2005) In questo Paese l'uso delle acque interne a scopo ricreativo è molto frequente. L'informazione al pubblico è raggiunta attraverso vari mezzi:

- Il sito dell'Autorità pubblica preposta
- Una linea telefonica che include un sistema di informazione automatico per le chiamate al di fuori dell'orario di ufficio
- Una cartellonistica adeguata nei siti di balneazione
- I programmi di informazione per le scuole

Il risultato di questo sistema di informazione è molto positivo, particolarmente per quanto riguarda la linea telefonica, con circa 1000 chiamate per stagione, circa 250.000 visite al sito e una diminuzione del numero di bagnanti in situazioni caratterizzate da presenza di schiume.

Finlandia (Rapala et al., 2005) Sin dagli anni '80 le autorità sanitarie locali eseguono un monitoraggio visivo della presenza di cianobatteri sulle spiagge pubbliche. Una volta individuata la presenza di cianobatteri, gli ispettori informano immediatamente i cittadini con cartelli lungo le spiagge. Anche i bagnini sono a conoscenza del problema e notificano immediatamente alle autorità sanitarie locali la presenza di cianobatteri.

Durante i mesi estivi viene messo a disposizione dei cittadini un servizio telefonico attraverso il quale i cittadini possono avere informazioni sui cianobatteri. Questo servizio fu istituito in seguito ad una massiccia e prolungata fioritura nel 1997. In media ogni estate si registrano 350 telefonate. Inoltre l'ospedale di Helsinki ha istituito un servizio telefonico, attivo 24 ore su 24, che fornisce consigli di carattere medico in caso di avvelenamento acuto di qualsiasi origine.

Articolo 12

Alghe tossiche marine

La proliferazione di microalghe in acque costiere fino al raggiungimento di densità molto elevate (superiori a decine di milioni di cellule per litro) è nota da molto tempo ed è stata descritta riferendosi alla colorazione assunta dalle acque stesse, dovuta al pigmento dominante nella microalga. E' possibile pertanto che l'acqua assuma colorazioni diverse (rossa, rosa, verde, bruna, ecc.). Tale fenomeno sembra essersi intensificato negli ultimi decenni, sia per la maggiore frequenza temporale, sia per la maggiore diffusione geografica, non più limitata alle zone tropicali (Anderson, 1989; Smayda, 1989; Hallagraeff, 1993, 1995). L'aumento del fenomeno è probabilmente legato ad una maggiore pressione antropica: infatti, la proliferazione si verifica prevalentemente e nelle zone costiere, dove è maggiore l'apporto di nutrienti (sali di fosforo e azoto, silicati, vitamine). Inoltre, vari Paesi industrializzati hanno dedicato al problema un'attenzione maggiore, attraverso monitoraggi e controlli sistematici per verificare lo stato di salute dell'ambiente marino-costiero.

La proliferazione delle microalghe marine, condizionata anche dalle caratteristiche chimico-fisiche e idrodinamiche del corpo idrico, dalla temperatura e dalla luce, può indurre alterazioni ambientali con danni anche gravi all'ecosistema. Inoltre, le condizioni ipossiche e lo sviluppo di idrogeno solforato e ammoniacale, che spesso accompagnano la necrosi delle cellule a fine fioritura, possono essere responsabili di morie di fauna marina (pesci, molluschi bivalvi e crostacei). Dal punto di vista sanitario la rilevanza del fenomeno risiede nella capacità di alcune microalghe di produrre tossine (ad esempio, PSP, DSP, NSP, ASP), che possono accumularsi in molluschi e altri prodotti ittici abitualmente consumati dall'uomo. Il potenziale rischio per la salute umana associato alla

presenza nella dieta di prodotti ittici contaminati merita una attenta valutazione da parte delle autorità sanitarie.

Per quanto riguarda l'uso ricreativo delle acque marine, sono stati riportati disturbi respiratori dovuti ad inalazione di aerosol contenente frammenti di cellule di alghe marine e/o tossine: l'esempio più studiato è quello delle 'red tides' nel Golfo del Messico, associate alla proliferazione di *Karenia brevis*, produttrice di brevetossine.

Sono stati riportati episodi analoghi in alcuni tratti del litorale italiano attribuiti a fioriture di *Ostreopsis ovata*. Sono stati segnalati inoltre casi di dermatiti, anche severe, in bagnanti che avevano nuotato in acque interessate da fioriture di cianobatteri marini. Non sono invece disponibili evidenze di patologie sistemiche associate all'ingestione involontaria di acque interessate dalla presenza di alghe tossiche marine.

L'intensificazione del fenomeno e il risvolto sanitario hanno indotto anche l'OMS ad occuparsi della problematica nell'ambito delle *Guidelines for safe recreational water environments* del 2003, nelle quali vengono presi in considerazione gli agenti che potrebbero avere un ruolo nella trasmissione di patologie all'uomo. Secondo l'OMS i dati disponibili suggeriscono che il rischio per la salute umana associato alla presenza di alghe tossiche marine durante attività ricreative è limitato a poche specie ed aree geografiche. Ha ritenuto pertanto inappropriato raccomandare valori guida di carattere generale, suggerendo piuttosto di condurre adeguati piani di monitoraggio, programmi di sorveglianza nelle aree potenzialmente interessate, attività di valutazione e gestione del rischio, compresa la comunicazione ai cittadini.

Negli ultimi 10 anni episodi di fioriture algali causate da specie potenzialmente tossiche (*Coolia monotis*, *Fibrocapsa japonica*, *Prorocentrum lima*, *P. emarginatum*, *Amphidinium* sp., *Dinophysis* sp., ecc.) sono state segnalate ripetutamente lungo le coste italiane. Tuttavia ad una specie in particolare sono stati associati i casi più importanti di contaminazione delle acque marine per i risvolti sanitari osservati: l'alga bentonica *Ostreopsis ovata*. Dal punto di vista sanitario, nonostante la sua diffusa presenza sulle coste di diverse Regioni italiane, soltanto in alcune aree, peraltro assai limitate, sono stati segnalati casi di disturbi alle prime vie respiratorie e talvolta stati febbrili nei bagnanti che stazionavano sulla spiaggia. Nel 2007 il Ministero della Salute ha pubblicato le "Linee guida per la Gestione del rischio associato alle fioriture di *Ostreopsis ovata* nelle coste italiane".