

ISTITUTO SUPERIORE DI SANITÀ

**L'acqua come veicolo di malattie:
elaborazione e valutazione di dati
registrati e notificati nell'area di Roma**

Lucia Bonadonna (a), Marco Di Porto (b)

*(a) Dipartimento di Ambiente e Connessa Prevenzione Primaria,
Istituto Superiore di Sanità, Roma*

*(b) Scuola di Specializzazione in Igiene e Medicina Preventiva,
Università degli Studi Tor Vergata, Roma*

ISSN 1123-3117

Rapporti ISTISAN

09/3

Istituto Superiore di Sanità

L'acqua come veicolo di malattie: elaborazione e valutazione di dati registrati e notificati nell'area di Roma.

Lucia Bonadonna, Marco Di Porto

2009, 62 p. Rapporti ISTISAN 09/3

I sistemi di sorveglianza delle malattie di origine idrica rappresentano elementi importanti nel quadro delle politiche di salute pubblica. La contaminazione delle acque contribuisce alla diffusione di malattie e al mantenimento dei livelli di endemia nelle popolazioni. In Europa manca ancora un sistema cogente per la sorveglianza delle malattie di origine idrica; in Italia il sistema di sorveglianza delle malattie infettive esistente non è in modo specifico indirizzato alla raccolta di informazioni sulle malattie trasmesse dall'acqua. L'indagine presenta dati sulle malattie di origine idrica raccolti, nell'area di Roma, nel periodo 2001-2006 sulla base delle notifiche registrate dal sistema italiano di sorveglianza delle malattie infettive. I dati selezionati comprendevano tutte le patologie direttamente ed indirettamente correlate all'acqua, di cui è stato seguito l'andamento nel tempo. Sono stati individuati ed elaborati (per anno e per origine della malattia) un totale di 2.928 casi di malattie di origine idrica. In totale 75 sono stati i casi direttamente associati all'acqua e il virus dell'epatite A è stato l'agente eziologico più frequentemente registrato. I risultati rappresentano una sottostima della situazione reale anche alla luce delle difficoltà e dei limiti emersi dallo studio.

Parole chiave: Acqua, Clima, Malattie idrotrasmesse, Notifica, Patogeni emergenti, Rischio, Sorveglianza, *Water safety plan*

Istituto Superiore di Sanità

Water as a vehicle for disease transmission: elaboration and evaluation of data recorded and notified in the area of Rome.

Lucia Bonadonna, Marco Di Porto

2009, 62 p. Rapporti ISTISAN 09/3 (in Italian)

Surveillance systems for waterborne diseases are important components of public health policy. Microbial contamination of water contributes to disease outbreaks and background rates of diseases worldwide. In Europe a specific mandatory system for WaterBorne Diseases (WBDs) surveillance is still missing; in Italy, although a surveillance system for many communicable diseases exists, it is not specifically tailored to acquire information on WBDs. This investigation reports cases of WBDs, collected in the period 2001-2006 in the area of Rome on the basis of data notified diseases within the current Italian surveillance system on communicable diseases. Data were inclusive of all the pathologies directly and indirectly associated with water and their trend was examined. A total of 2928 cases of notified WBDs were collected and elaborated (for year and origin). A total of 75 cases was directly associated with water and Hepatitis A virus was the most frequently notified etiological agent. The outcomes represent an underestimation of the real situation also in the light of shortcomings and weakness emerged from the study.

Key words: Climate, Emerging pathogens, Microbial risk, Notification, Surveillance system, Water, Waterborne diseases, Water safety plan

Si ringraziano il prof. Augusto Panà e la prof.ssa Elisabetta Franco della Scuola di Specializzazione di Igiene e Medicina Preventiva dell'Università Tor Vergata di Roma.

Per informazioni su questo documento scrivere a: lucia.bonadonna@iss.it.

Il rapporto è accessibile online dal sito di questo Istituto: www.iss.it.

Citare questo documento come segue:

Bonadonna L, Di Porto M. *L'acqua come veicolo di malattie: elaborazione e valutazione di dati registrati e notificati nell'area di Roma*. Roma: Superiore di Sanità; 2009. (Rapporti ISTISAN 09/3).

Presidente dell'Istituto Superiore di Sanità e Direttore responsabile: *Enrico Garaci*

Registro della Stampa - Tribunale di Roma n. 131/88 del 1° marzo 1988

Redazione: *Paola De Castro, Sara Modigliani e Sandra Salinetti*

La responsabilità dei dati scientifici e tecnici è dei singoli autori.

© Istituto Superiore di Sanità 2009

INDICE

Inquadramento generale	1
Rischio microbiologico di origine idrica.....	2
Aspetti relativi al controllo e alla gestione delle risorse idriche	5
Acqua e cambiamenti climatici.....	6
Gestione della salute pubblica e sorveglianza delle malattie	7
Sistemi di sorveglianza e la situazione in Europa	9
Il sistema di sorveglianza delle malattie in Italia	10
Malattie a trasmissione idrica	13
Obiettivi dello studio e metodologie	17
Organismi rilevabili nelle acque	19
Batteri	19
<i>Aeromonas</i> spp.	19
<i>Campylobacter</i>	20
<i>Escherichia coli</i>	21
<i>Helicobacter</i>	22
<i>Legionella</i>	22
<i>Leptospira</i>	23
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	24
<i>Salmonella</i>	25
<i>Shigella</i>	26
<i>Vibrio</i>	27
<i>Yersinia</i>	28
Protozoi.....	28
Amebe a vita libera.....	28
<i>Blastocystis hominis</i>	29
<i>Cryptosporidium</i>	30
<i>Cyclospora</i>	31
<i>Entamoeba histolytica</i>	31
<i>Giardia intestinalis</i>	32
Virus	33
Adenovirus	33
Astrovirus	34
Norovirus.....	35
Enterovirus	35
Virus dell'epatite A	36
Virus dell'epatite E.....	37
Rotavirus	37
Alghe e cianobatteri	38
Attinomiceti	40
Funghi	41
Risultati	43
Discussione	54
Conclusioni	56
Bibliografia di riferimento	58

INQUADRAMENTO GENERALE

La qualità dell'acqua è un tema attuale e scottante come quello della sua disponibilità e ha un legame diretto con la salute dell'uomo. La consapevolezza dell'importanza delle caratteristiche di qualità dell'acqua si è affermata con il sapere scientifico e il concetto si è evoluto attraverso lo sviluppo dei principi di valutazione dei rischi correlati alla presenza di sostanze naturali od originate da contaminazione antropica.

Il rapporto di correlazione tra acqua disponibile e salute umana è ben noto. Il problema della distribuzione e dell'uso di acqua qualitativamente accettabile è stato parzialmente risolto, in modo quasi soddisfacente e, limitatamente al rischio infettivo, solo nei Paesi più industrializzati. Rimane invece ancora aperto in relazione al rischio legato alla diffusione e alla presenza nelle acque di sostanze chimiche provenienti dai settori industriale ed agricolo. Un'ampia quota dell'inquinamento ambientale infatti è da addebitare al settore industriale che, attraverso scarichi incontrollati di sostanze chimiche e potenzialmente tossiche, residui di lavorazione, rifiuti, ecc., contribuisce ad aggravare le condizioni di alterazione della qualità delle risorse idriche; d'altra parte, di origine agricola sono sostanze quali diserbanti, antiparassitari e fitofarmaci che sono tra i maggiori indiziati per lo sviluppo di attività mutagene, teratogene ed, in alcuni casi, cancerogene. I dati epidemiologici e sperimentali sul reale rischio di esposizione, attraverso l'acqua, a queste sostanze e ad altre, come gli interferenti endocrini o i farmaci, non sono del tutto completi e, in alcuni casi, sono parzialmente discordanti. L'eventuale conferma dei danni che questi prodotti possono provocare richiederà ulteriori studi e approfondimenti ed è attualmente una delle priorità da affrontare nell'ambito della sicurezza e della tutela della salute dell'uomo e della salvaguardia dell'ambiente.

Il problema dell'accesso, distribuzione e uso di acqua qualitativamente accettabile è invece ancora ampiamente e drammaticamente presente, soprattutto come rischio infettivo, in molti Paesi in via di sviluppo.

Ancora oggi, più di 1,4 miliardi di persone non ha accesso all'acqua potabile e 2,6 miliardi non hanno a disposizione installazioni sanitarie adeguate, con la conseguenza che ogni anno circa 5-10 milioni di individui muoiono per cause idrosanitarie dirette e 30 milioni per effetti direttamente riconducibili alla scarsità di acqua.

Da una decina di anni, le analisi e le previsioni dell'ONU (Organizzazione delle Nazioni Unite), della FAO (*Food and Agriculture Organization*), dell'UNESCO (*United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization*), del PNUD (*Programme des Nations Unies pour le Développement*) e della Banca Mondiale registrano un'acutizzazione della crisi idrica nel mondo e la moltiplicazione e l'intensificazione dei conflitti intorno all'acqua. Inoltre tutti gli studi sul clima considerano l'acqua un'emergenza destinata ad aggravarsi sempre più.

È riconosciuto che, per la maggior parte delle popolazioni povere del mondo, una delle più gravi minacce è rappresentata dall'utilizzo di acqua non rispondente a caratteristiche di buona qualità. Secondo l'Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS), l'80% delle malattie rilevate è attribuibile ad acqua insalubre e ad insufficienti condizioni igieniche.

È noto che il rischio più facilmente associabile all'uso di acqua potabile contaminata viene primariamente e tradizionalmente correlato alla contaminazione da parte di microrganismi patogeni di origine enterica che possono raggiungere le falde acquifere e, più facilmente, contaminare le acque superficiali che, dopo una successione di trattamenti, possono essere utilizzate come acque per il consumo umano.

Il rischio infettivo, legato quindi alla presenza nelle acque di microrganismi patogeni che causano malattie di natura enterica, è ancora molto elevato nei Paesi meno sviluppati. Nei Paesi

industrializzati, invece, negli ultimi decenni è stato registrato, in generale, un parziale declino delle patologie legate alla diffusione dei più tradizionali patogeni enterici, presumibilmente legato, soprattutto, alla messa in opera di processi di trattamento e di disinfezione delle acque, alle attività di controllo della loro qualità igienico-sanitaria, così come definite dalle normative, e alle campagne di vaccinazione.

Tuttavia, è noto anche che, nonostante i processi di potabilizzazione, nelle acque è possibile rilevare una presenza costante di flora microbica, selezionata dopo il trattamento, in cui si ritrovano microrganismi caratterizzati da una maggiore capacità di sopravvivenza. Pertanto, se è pur vero che l'acqua potabilizzata è microbiologicamente diversa da quella grezza, e ragionevolmente esente da patogeni, essa tuttavia può ancora trasportare, non solo microrganismi che fanno parte della sua flora naturale, ma anche microrganismi derivati da contaminazioni esterne e che sono stati in grado di superare le barriere sanitarie e di controllo.

Rischio microbiologico di origine idrica

Per descrivere un fenomeno e prevederne l'evoluzione si fa spesso ricorso a modelli matematici che permettono sia di analizzare i possibili scenari che si possono presentare sia di valutare con tempestività la validità delle contromisure del caso. In relazione al del rischio microbiologico, tuttavia, l'uso di modelli già utilizzati per la valutazione di altri tipi di rischio è spesso arduo, data la molteplicità dei parametri in gioco, alcuni dei quali tuttora incerti e di difficile inquadramento.

Bisogna innanzitutto considerare che la valutazione del rischio microbiologico non viene, al momento, ancora utilizzata per la definizione di valori limite per i patogeni nelle acque. In alcuni casi vengono ancora applicati criteri conservativi che prevedono l'assenza obbligatoria dei patogeni nelle acque, senza che venga considerata né la loro concentrazione né la loro vitalità. D'altra parte, i valori stabiliti per i microrganismi indicatori di contaminazione sono generalmente derivati da valutazioni basate sul principio di precauzione e sulla base del rapporto rischi/benefici.

Tuttavia, da alcuni anni sono in corso studi che prevedono la possibilità di fissare valori sulla base della valutazione, quantificazione e analisi dei rischi anche per quanto riguarda gli agenti microbici. In questo caso, come nella valutazione del rischio tossicologico-cancerogeno, è stato definito, almeno per alcuni microrganismi, un livello numerico di rischio accettabile. Generalmente e finora sono state effettuate valutazioni del rischio in relazione a quegli organismi che hanno capacità infettive maggiori e dosi infettive più basse. Un livello di rischio accettabile, 10^{-4} per persona per anno, è stato finora stabilito per virus e per alcuni protozoi patogeni.

In generale, il modello di studio che permette di seguire una strategia per la caratterizzazione del rischio comprende diverse fasi interconnesse tra loro: identificazione del pericolo; relazione dose-risposta; valutazione dell'esposizione.

In particolare, per la caratterizzazione e l'analisi del rischio microbiologico questa struttura si sviluppa secondo modelli che comprendono diversi parametri che intervengono a rendere più complesso e articolato lo schema: dati sulle relazioni dose-risposta, individuazione del microrganismo patogeno; informazioni sul microrganismo (virulenza, ecc.); dati specifici sulle interazioni organismo-ospite; valutazione dell'esposizione (presenza e distribuzione del microrganismo); dati epidemiologici.

Questo tipo di approccio è comunque complicato da una serie di limitazioni legate principalmente alla difficoltà di ottenere una accurata enumerazione dei patogeni, alle incertezze associate alla infettività e alla virulenza dei microrganismi, alle variazioni tra biotipi diversi,

anche nell'ambito di una particolare specie, e alla variabilità della diffusione e concentrazione del microrganismo nelle acque.

Inoltre, l'analisi del rischio microbico si deve basare su informazioni relative alla dose infettante del microrganismo, alla risposta all'esposizione, alla diffusione del microrganismo nell'acqua, alla probabilità di infezione e alla diffusione secondaria nell'ambiente. Quest'ultima è una caratteristica tipica del rischio microbico che non ha un parallelo nella valutazione del rischio tossicologico e richiede una speciale attenzione nella creazione di modelli.

Lo sviluppo della relazione quantitativa dose-risposta è il punto di partenza per lo svolgimento di un'analisi del rischio. Nella valutazione del rischio di esposizione ad agenti microbici, la relazione dose-risposta permette di procedere alla stima del rischio sulla base della probabilità che si sia verificata un'infezione. Tuttavia il processo di evoluzione di una infezione, dal momento della colonizzazione alla manifestazione della malattia conclamata, rimane, per molti aspetti, ancora da chiarire.

Per esempio, per alcuni patogeni opportunisti non è nota l'esatta modalità di trasmissione e di sviluppo della malattia.

La relazione dose-risposta è il punto cruciale della valutazione del rischio microbico e il suo calcolo è basato sulla ragionevole assunzione che la risposta sia il risultato dell'ingestione/contatto con il patogeno e che l'intensità di questa risposta sia correlata proporzionalmente alla dose. È tuttavia da notare che la maggiore limitazione ai modelli di valutazione del rischio microbiologico in relazione al calcolo della relazione dose-risposta è legata alla elaborazione di curve calibrate su adulti sani, curve difficilmente estrapolabili a una fascia di popolazione più suscettibile, quali gli immunodepressi, i bambini, gli anziani.

Il calcolo della relazione viene condotto con diversi modelli, ma spesso si fa riferimento a una distribuzione di Poisson che considera che le interazioni ospite-microrganismo rimangano costanti. Tuttavia, generalmente la risposta a dosi crescenti del patogeno è molto più graduale di quella calcolata e questa caratteristica può essere descritta da una distribuzione di probabilità che permette di ottenere una curva più graduale che considera la progressione tra la risposta e la dose.

Al momento, non esistono curve dose-risposta per gran parte dei patogeni presenti nelle acque; in particolare sono necessari studi per quanto riguarda gli opportunisti patogeni, alcuni dei quali appartengono alla microflora naturale delle acque e sono presenti in essa indipendentemente da qualsiasi fonte di contaminazione.

La valutazione del rischio risulta anche complicata da una serie di parametri, primo fra tutti l'effettiva impossibilità di caratterizzare su base genotipica o fenotipica, quantificare in modo adeguato ed identificare tutti i microrganismi presenti nelle acque e che possono essere agenti potenziali di malattia. Infatti, l'elenco degli agenti patogeni, soprattutto di origine idrica, è indubbiamente incompleto ed inadeguato anche per carenze legate alla bassa efficienza e sensibilità dei metodi analitici. I metodi tradizionali standardizzati, utilizzati per il rilevamento di specifici microrganismi, risultano spesso poco sensibili e tendono a sottostimare il reale carico microbico. D'altra parte, anche i metodi innovativi non risolvono sostanzialmente il problema: spesso non forniscono indicazioni sulla vitalità o la virulenza dei microrganismi individuati che comunque, anche in condizione di quiescenza, possono essere ancora in grado di produrre patologie.

Sebbene per alcuni microrganismi siano conosciuti i meccanismi di patogenicità, per molti altri, soprattutto per gli opportunisti patogeni, scarse sono le informazioni sui fattori di virulenza. Bisogna inoltre considerare che i microrganismi, sulla base delle loro caratteristiche genotipiche e fenotipiche, nell'acqua possono variare ampiamente la loro capacità di indurre malattie. La loro virulenza può modificarsi anche come conseguenza del trattamento cui sono state sottoposte le acque in cui i microrganismi sono presenti.

Considerando che l'infezione è un prerequisito alla malattia conclamata, il processo di evoluzione da infezione a malattia sintomatica può essere considerato come una probabilità condizionale, non conoscendo la relazione, se esiste, tra il livello di esposizione a un dato microrganismo (dose ingerita) e la possibilità di contrarre la malattia.

Per *Giardia*, ad esempio, si accetta che ogni infezione corrisponda alla malattia e che quindi il rischio stimato si approssimi ai valori dell'incidenza osservata durante le epidemie. Pur tuttavia l'ingestione di 10 cisti – che rappresenta la dose infettante minima – è in grado di causare l'infezione che non sempre si manifesta con una sintomatologia. Infatti, la percentuale di infezioni asintomatiche può variare tra il 39 e il 76% rispettivamente nei bambini con meno di cinque anni e negli adulti. D'altra parte la sintomatologia può manifestarsi nel 50 e 67% dei casi, con un massimo del 91% e nel 58% della popolazione infetta possono instaurarsi giardiasi croniche. Per i virus enterici, sono stati osservati valori di morbidità variabili tra l'1 e il 97%, in funzione del tipo di virus e dell'età del soggetto.

La progressione e la severità della malattia sono una funzione della fisiologia dell'individuo, ed è difficile correlarle direttamente alla dose. Negli individui sani le malattie gastrointestinali sono generalmente considerate a decorso benigno. Tuttavia la gran parte degli studi indicano che tra i bambini e gli anziani al di sopra dei 70 anni esistono valori di mortalità compresi tra il 3 e il 5% nel caso di malattie diarroiche che richiedono ospedalizzazione. Valori più bassi sono stati riscontrati in soggetti esposti, quali le donne in gravidanza e i malati di malattie cardiovascolari.

Nelle infezioni da *Cryptosporidium*, spesso asintomatiche, nei soggetti immunocompetenti la malattia, a carattere gastrointestinale, si risolve spontaneamente, mentre può essere fatale per soggetti immunocompromessi. Negli individui immunodepressi irreversibili la severità della malattia è legata al grado di compromissione.

Non si è in grado attualmente di definire i meccanismi che inducono a modificare lo stato fisiologico dei microrganismi nelle acque, né ciò che governa questi cambiamenti rispetto a quello che si verifica in un ospite infettato.

Proprio queste difficoltà, legate a queste differenze, non permettono di controllare e prevedere il comportamento dei microrganismi patogeni che si ritrovano nelle acque.

Infatti, bisogna considerare che la capacità di sopravvivenza dei microrganismi patogeni nelle acque è legata e dipende da una serie di complesse interazioni ecologiche tra l'organismo e il suo ambiente, che difficilmente si è in grado di valutare e comprendere nel loro insieme.

Ciò limita le nostre conoscenze sulla possibilità di verificare i processi di sopravvivenza e moltiplicazione dei microrganismi nell'ambiente e spesso si è di fronte a casi o epidemie di cui non si comprende origine e diffusione.

L'analisi del rischio è spesso difficile e complessa anche per l'incertezza legata alla prevalenza e alla concentrazione dei microrganismi patogeni nelle acque nel tempo. Le maggiori difficoltà dipendono infatti, oltre che dal calcolo delle relazioni dose-risposta, anche dalla valutazione della distribuzione delle densità microbiche nelle acque. Infatti, è noto che le concentrazioni dei patogeni nelle acque sono ampiamente variabili e legate a fattori diversi, primo fra tutti il livello di diffusione delle varie patologie all'interno della popolazione e le variazioni stagionali. Risulta quindi difficile procedere al calcolo della distribuzione dei microrganismi nelle acque che viene comunemente calcolata secondo la distribuzione di Poisson in base alla quale si assume che gli organismi siano distribuiti casualmente. Tuttavia questo approccio non riflette esattamente quello che si verifica in realtà perché, più spesso, nelle acque, essi si ritrovano aggregati tra loro o a particelle e solidi sospesi. Questa condizione contribuisce a far variare la loro distribuzione nelle acque, modificando quindi la probabilità di esposizione al patogeno da parte dei soggetti esposti.

L'evoluzione delle conoscenze in materia di analisi del rischio ha, negli anni più recenti, spostato l'interesse verso la realizzazione di un sistema globale di gestione del rischio finalizzato a ridurre le possibilità di contaminazione delle acque, a limitare o rimuovere la presenza di fattori di rischio chimico e microbiologico nelle acque e a prevenire eventuali condizioni di pericolo che possono presentarsi. È in questo ambito che, sulla base di linee guida dell'OMS, sono stati introdotti nuovi criteri di tutela della salute basati su un sistema olistico di valutazione e gestione dei rischi.

Aspetti relativi al controllo e alla gestione delle risorse idriche

Gestire le risorse idriche è una sfida che, insieme ai cambiamenti climatici in corso, si impone per il soddisfacimento dell'aumento delle necessità alimentari mondiali. L'intensificarsi della competizione per l'acqua a causa della crescente industrializzazione, urbanizzazione e incremento della popolazione mondiale è attualmente una delle minacce più gravi per uno sviluppo umano sostenibile.

In Europa, negli anni più recenti, a ridisegnare completamente la materia inerente alla qualità delle acque sono state presentate, e sono attualmente in vigore, due importanti ed innovative disposizioni legislative, la Direttiva 2000/60/CE e la Direttiva 98/83/CE, attualmente in revisione.

La prima istituisce un quadro per l'azione comunitaria in materia di acque e prevede la necessità di trovare un equilibrio sostenibile tra istanze ecologiche, economiche e sociali e di attivare una gestione integrata di intervento, prefiggendosi una serie di obiettivi che hanno come priorità la prevenzione e la riduzione dell'inquinamento, la seconda è relativa specificamente alla qualità e al controllo delle acque destinate al consumo umano e getta le basi per una vera e propria rivoluzione culturale che coinvolge tutte le componenti istituzionali, politiche e tecniche del territorio per la tutela della salute e la salvaguardia del patrimonio idrico. Entrambe, in sinergia e sintonia, possono contribuire allo svolgimento di attività di gestione delle risorse, alla definizione degli usi sostenibili e alla elaborazione di piani di risanamento ambientale in funzione della tutela della salute delle popolazioni.

La gestione della risorsa acqua è un aspetto fondamentale della prevenzione e rappresenta il primo obiettivo che la sanità pubblica si pone soprattutto in relazione alle caratteristiche di qualità microbiologica e chimica. In questo ambito, le ultime direttive comunitarie sulle acque si stanno ispirando a nuovi criteri di controllo e sorveglianza, elaborati dall'OMS, che prevedono l'attuazione di programmi sistematici di tutela della salute ai più elevati livelli di efficienza che si avvalgano di sistemi integrati di valutazione e gestione del rischio (WSPs, *Water Safety Plans*). Sulla base di questi schemi, diretti a prevenire il manifestarsi di condizioni di rischio, diventa indispensabile determinare gli obiettivi correlati alla salute (*Health Based Targets*), di carattere nazionale, per i quali dovranno essere fissati livelli di riferimento di rischio tollerabile in funzione della situazione sanitaria globale della popolazione e del contributo dato dall'acqua alla diffusione di malattie. I criteri di applicazione dei WSPs prevedono uno schema di attuazione che comprende, a grandi linee, accanto ad attività di valutazione del rischio, con l'identificazione e la categorizzazione dei pericoli in ciascuna fase di produzione e distribuzione dell'acqua, anche attività di gestione del rischio, con l'individuazione delle opzioni – preventive e correttive – per arginare e mitigare i rischi e per individuare le misure da intraprendere per il loro contenimento e risolvere ogni condizione di rischio che può manifestarsi. La classificazione dei pericoli (categorizzazione ed assegnazione della priorità) può consentire di individuare

quelli che hanno il maggiore impatto sulla salute e allocare quindi le giuste risorse nell'attività di gestione dell'intera filiera di produzione dell'acqua e garantisce che i rischi siano gestiti in modo appropriato. L'intero sistema prevede lo sviluppo di piani di controllo per controllare e limitare i rischi e presenta un aspetto reattivo, relativo alla risoluzione di problemi in risposta ad uno o più condizioni di rischio segnalate, ed uno proattivo, relativo all'identificazione e alla risoluzione di problemi prima che essi si verifichino. Il metodo, adeguatamente sottoposto a controllo, permette di implementare i processi di *decision making* lungo l'intera filiera di produzione dell'acqua potabile, dalla captazione al rubinetto dell'utente.

Con questi presupposti appare quindi evidente l'esigenza di stabilire una stretta collaborazione tra autorità sanitarie preposte ai controlli e alla sorveglianza e tutti coloro che operano nel settore dei servizi idrici, considerando anche la necessità di garantire al cittadino un'informazione corretta e trasparente anche per la crescita di una cultura diffusa della salute, del benessere e della salvaguardia ambientale.

Acqua e cambiamenti climatici

In questi ultimi anni, in relazione ai cambiamenti climatici in atto, è emerso quanto siano sensibili e vulnerabili i sistemi ecologici. In particolare, le risorse idriche possono essere fortemente influenzate da eventi climatici estremi (pioggia di elevata intensità, piene, siccità), in termini di alterazioni della qualità dell'acqua o riduzione della sua disponibilità, e il quadro può essere aggravato dalla possibile diminuzione delle precipitazioni nevose che impedisce l'alimentazione delle falde acquifere sotterranee. In questo ambito, i cambiamenti climatici possono favorire l'instaurarsi di condizioni di rischio per le popolazioni, contribuendo, su piccola e larga scala, alla diffusione di organismi patogeni anche in aree geografiche dove prima essi non erano presenti.

Il comportamento di specie di pesci, uccelli e insetti sono i primi segnali che si osservano in risposta ai cambiamenti climatici. Alcuni vettori di trasmissione di malattie come insetti, zecche e acari hanno già allargato il loro areale di sviluppo in aree europee dove prima non erano segnalati. È il caso della trasmissione, ad esempio, del virus Chikungunya che è stato introdotto, anche in Italia, da soggetti che avevano soggiornato in aree endemiche. In questo caso, la presenza di un vettore, la zanzara tigre (*Aedes albopictus*), insediata in Europa negli ultimi 15 anni, favorisce la trasmissione della malattia virale. Alcuni modelli che studiano i cambiamenti climatici hanno anche stimato un aumento, nell'area europea, del rischio associato alla malaria. Tuttavia, fattori favorevoli alla trasmissione del *Plasmodium* sono, prevalentemente, condizioni di degrado socio-economico, mancanza di servizi sanitari e sociali, fenomeni di immigrazione non controllata e mancanza di una gestione ambientale per il controllo dei vettori (zanzare del genere *Anopheles*), insetti d'altra parte ancora presenti in alcune parti d'Italia. A questo proposito, tra le malattie trasmesse da insetti, ancora oggi endemiche in Italia, sono da segnalare le leishmaniosi, cutanea e viscerale, e le encefaliti da Phlebovirus, tutte trasmesse da flebotomi, ditteri ematofagi meglio conosciuti come "pappataci" che hanno ampliato la loro distribuzione geografica in diversi Paesi europei. Altre arbovirosi possono essere considerate emergenti nel nostro Paese, come quella causate dal virus West Nile, causa dell'encefalomielite del cavallo (ospite terminale), ma trasmissibile anche all'uomo da zanzare comuni, prevalentemente appartenenti al genere *Culex*.

Il ruolo dei cambiamenti climatici nell'epidemiologia delle malattie infettive è in realtà ancora incerto. Tuttavia, le relazioni tra salute umana ed esposizione a cambiamenti associati direttamente alla disponibilità e alla qualità dell'acqua tendono a mostrare un'associazione tra possibilità di disporre di acqua di qualità e malattie diarroiche. Sulla diffusione di epidemie di

origine idrica può influire anche il manifestarsi di eventi climatici estremi (inondazioni, siccità) e malattie a carattere gastroenterico possono aumentare in relazione a innalzamento delle temperature ed a fenomeni di dilavamento dei suoli, per conseguente contaminazione microbica e chimica di acque costiere e superficiali interne.

Un aumento delle condizioni di siccità è previsto in Europa centro-meridionale e in Asia centrale. È quindi stato stimato che fenomeni di siccità potranno riguardare alcune aree europee, con un aumento che, dal 19% attuale, potrà estendersi al 35% delle regioni nel 2070, interessando quindi 16-44 milioni di europei. In particolare, il Mediterraneo è riconosciuto come “zona calda” per il cambiamento climatico. La regione è già caratterizzata da scarse risorse idriche che sono per di più non equamente distribuite all’interno dei diversi Paesi e i cambiamenti climatici potrebbero ridurre del 25% le piogge invernali in quest’area. Attualmente, è stato stimato che l’intero territorio italiano è stato colpito da una diminuzione del 14% delle precipitazioni nelle ultime cinque decadi. L’approvvigionamento di acqua potrebbe diventare ancora più problematico di quanto non sia oggi in Puglia, in Basilicata, in Sicilia ed in Sardegna, a causa sia della progressiva e crescente scarsità di acqua sia del malfunzionamento dei sistemi di gestione.

Gestione della salute pubblica e sorveglianza delle malattie

In un ambito di tutela della salute della popolazione, oltre all’elaborazione di criteri organizzativi di vigilanza e di gestione delle risorse idriche, per sostenere efficacemente le attività di controllo e prevenzione è necessario valutare i rischi legati alla qualità delle acque in funzione dell’incidenza di malattie derivate dall’uso e dal consumo di acqua.

La salvaguardia della qualità delle acque potabili dovrebbe andare di pari passo con la sorveglianza della salute pubblica ed accanto alle attività di controllo e valutazione del rischio, dovrebbero essere quindi implementate quelle attività che permettono di valutare il ruolo dell’acqua come fattore di rischio e mezzo di trasmissione di patologie di derivazione idrica.

Le malattie a trasmissione idrica (WBD, *waterborne disease*) rappresentano, infatti, ancora un problema in tutti i Paesi europei e la sorveglianza dell’incidenza delle malattie endemiche diventa importante per fissare obiettivi generali e seguire gli avanzamenti verso di essi.

In prospettiva di una pianificazione condivisa sulla salute pubblica in Europa, lo sviluppo e l’attivazione di un sistema comune di monitoraggio di indicatori standardizzati di esito dovrebbero diventare quindi attività parallele alla valutazione delle caratteristiche igienico-sanitarie dell’acqua.

Per operare in questo senso è necessario muoversi in più direzioni, parallele ma convergenti verso lo stesso obiettivo:

- operare una politica di sviluppo nella gestione delle risorse idriche: il primo passo a tutela della salute pubblica impone l’esigenza di soddisfare gli aspetti relativi alla disponibilità di acqua rispetto ad altre priorità;
- definire di obiettivi di qualità per la potabilità delle acque: le autorità nazionali di sanità pubblica hanno il compito di definire norme, anche sulla base di Direttive Europee o di Linee Guida, per la valutazione delle requisiti delle acque potabili che includano obiettivi di qualità. L’attività normativa non è esclusivamente ristretta alle sole caratteristiche di idoneità dell’acqua, ma può prevedere anche la regolamentazione e l’approvazione dell’uso di materiali che entrano in contatto con l’acqua e di prodotti chimici usati nella produzione e nella distribuzione dell’acqua trattata;

- svolgere attività di sorveglianza della salute e monitoraggio delle epidemie: fondamentali in questo ambito sono l'indagine e il controllo delle epidemie, attività che vengono, in genere, effettuate direttamente dalle autorità preposte, ma in alcuni casi attraverso un organismo decentrato;
- avviare azioni dirette allo svolgimento di attività di controllo: attività svolte da organi sussidiari che forniscono indicazioni sulla sorveglianza della qualità dell'acqua.

I ruoli assunti dalle diverse entità governative, generalmente definiti in base all'organizzazione delle strutture nazionali, spesso comprendono un semplice ruolo di supporto alle autorità locali, che frequentemente intervengono direttamente in maniera autonoma.

Benché in diversi Paesi europei esistano, anche da alcuni decenni, ormai varie reti di sorveglianza delle malattie, è stata, da tempo, presa coscienza ed è stato stigmatizzato dagli esperti del settore che, a livello europeo, non esiste un sistema coordinato e armonico per la sorveglianza delle patologie a trasmissione idrica e che la variabilità nelle modalità di notifica tra gli Stati Membri comporta, per queste patologie, una condizione generale di sottonotifica.

Poiché i sistemi di sorveglianza delle malattie idrotrasmesse richiedono adeguamenti e aggiornamenti rapidi per l'adattamento alle situazioni emergenti e alle nuove scoperte, un'informazione corretta e veloce, così come la sua trasmissione, diventano elementi essenziali per il buon funzionamento del sistema in quanto le informazioni derivate devono essere usate sia per pianificare interventi di salute pubblica sia per verificare l'efficacia dei provvedimenti adottati. È per questo motivo che l'acquisizione di un'informazione corretta e completa è la base per l'organizzazione di un valido sistema di sorveglianza e la possibilità di riconoscere e circoscrivere, in tempi brevi, un'epidemia è indice dell'efficacia del sistema. Per creare un adeguato sistema di sorveglianza e di allerta è necessario, principalmente, fare riferimento agli aspetti operativi di seguito elencati:

- fonte di informazioni: le informazioni sui casi di malattie devono provenire prevalentemente da medici (di base, ospedalieri, ecc.) e da laboratori clinici;
- qualità dei dati: è necessario che venga definito e applicato, in modo appropriato, il termine "caso" e che vengano utilizzate metodiche che permettono la conferma accurata dei casi;
- consistenza dei dati: è necessario che le informazioni siano paragonabili a livello nazionale ed internazionale e che siano raccolte da personale qualificato;
- velocità della trasmissione di dati: è necessario fare uso di sistemi informatici più efficaci per assicurare sia una notifica puntuale sia un efficiente riconoscimento della malattia e una rapidità nelle azioni di risposta.

Per garantire queste caratteristiche operative, in un'attività che richiede registrazioni, notifiche e aggiornamento costanti, in tutti i Paesi, come base di partenza, sono necessari formazione e addestramento del personale. In più, affinché il sistema di sorveglianza funzioni in maniera adeguata, le schede di notifica debbono essere più semplici possibili, ma allo stesso tempo utili, evitando quindi la registrazione di dati ininfluenti allo scopo.

L'OMS ha riconosciuto che le attività di sorveglianza attualmente esercitate dai Paesi che le hanno attivate sottostimano l'entità di malattie di natura microbica di derivazione idrica, come anche di quelle causate dalla presenza di sostanze chimiche nelle acque, e che questi sistemi sono, in realtà, poco efficienti in tutti i Paesi, indipendentemente dal loro grado di sviluppo socio-economico. Anche per questo, nel 2005, è stato creato un organismo, l'*European Centre for Disease Prevention and Control* (ECDC), che, attraverso un'azione di coordinamento e di vigilanza, ha lo scopo di organizzare un unico sistema di sorveglianza delle malattie in Europa.

Di fatto, ancora poco sviluppati sono, nella gran parte dei casi, i sistemi di sorveglianza delle malattie di origine idrica nell'area europea e quindi i dati raccolti dai Paesi che hanno attivato queste strutture possono costituire una sottostima della reale diffusione di malattie

idrotrasmesse. Dati raccolti tra il 1986 e il 1996, in 17 Paesi europei (con circa 220 milioni di abitanti), hanno registrato un totale di 2,5 milioni di casi di malattie gastrointestinali, il 2% dei quali attribuibile all'acqua potabile, anche se, nel periodo 1995- 2000 nei Paesi EECCA (*Eastern Europe, Caucasus and Central Asia*) è stata segnalata una riduzione di circa il 72% dei casi di mortalità per malattie diarroiche tra la popolazione infantile.

D'altra parte è noto che gli Stati Uniti, fin dal 1971, hanno sviluppato un sistema di sorveglianza per le patologie a diffusione idrica. I dati aggiornati e registrati hanno permesso di associare all'acqua, ad esempio, nel periodo 1999-2000, 39 epidemie e una loro riduzione (31 epidemie) è stata calcolata nel biennio 2001-2002. In questo Paese, i dati di notifica sono utilizzati sia per individuare gli agenti eziologici associati alle epidemie e definire le capacità di trattamento dell'acqua negli impianti e le loro carenze, sia per valutare l'adeguatezza e l'efficienza delle tecnologie utilizzate per la produzione di acqua idonea all'uso. Inoltre, i dati di sorveglianza vengono impiegati per stabilire le priorità nelle attività di ricerca e per aggiornare e migliorare le normative per la definizione della qualità dell'acqua potabile.

Sistemi di sorveglianza e situazione in Europa

Il *Protocol on Water and Health* presentato alla *Convention on the Protection and Use of Transboundary Watercourses and International Lakes* nel 1992 ha fissato obiettivi per il benessere individuale e la protezione della salute attraverso lo sviluppo di attività sia di gestione delle risorse idriche sia di prevenzione, controllo e riduzione delle malattie correlate all'acqua. Gli articoli 6 ed 7 del protocollo obbligano i Paesi aderenti a stabilire determinati obiettivi sia a livello nazionale, sia regionale e ad esaminare e valutare periodicamente i progressi realizzati per ridurre il manifestarsi di incidenti ed episodi epidemici correlati all'acqua. L'articolo 8 inoltre impegna ad assicurare l'istituzione di un efficiente sistema di sorveglianza e di allerta.

La costruzione di una rete di sorveglianza epidemiologica per le malattie infettive in Europa è prevista dalla Decisione 2119/98/CE del Parlamento e del Consiglio europeo del 24 settembre 1998, in cui, inoltre, ne viene definita la necessità anche in funzione di attività di avviso preventivo e di risposta per la prevenzione e il controllo delle malattie.

Al momento attuale i diversi sistemi di sorveglianza delle malattie sono difficilmente confrontabili e difficoltà esistono soprattutto per la definizione e l'identificazione dei focolai epidemici. Dove essi esistono, operano in maniera diversa, anche se l'obiettivo comune è quello di riuscire a limitare il diffondersi delle patologie. Diverse difficoltà sono emerse nei più recenti incontri tra esperti e di questa condizione sono stati messi in evidenza i fattori prioritari, alcuni dei quali sono elencati di seguito:

- non tutti i soggetti si recano dal medico quando manifestano sintomi diarroici; ciò non permette la registrazione dei casi associati e conduce, di conseguenza, ad una sottovalutazione della diffusione della patologia;
- l'agente eziologico responsabile dell'epidemia può rimanere sconosciuto a causa della scarsa sensibilità dei metodi di rilevamento; metodologie più idonee e accurate permetterebbero una più facile e rapida classificazione dell'agente eziologico scatenante il focolaio;
- scarse informazioni sono reperibili per le intossicazioni acute dovute a prodotti chimici;
- non è sempre possibile identificare con certezza se una patologia sia realmente a trasmissione idrica perché è assai difficile reperire campioni di acqua sospetti che siano rispondenti ai risultati delle analisi cliniche.

Tuttavia, è stato concordato che debba essere adottato un documento comune che sia utile come linea guida e che tenga conto dei seguenti elementi:

- definizione di requisiti minimi standardizzati di qualità per la sorveglianza delle WBD, con particolare attenzione alla segnalazione, rilevazione e indagine su focolai epidemici;
- stato dell'arte sugli attuali sistemi di sorveglianza;
- adozione di criteri di sorveglianza flessibili sia per la realizzazione anche in Paesi con capacità operative diverse sia per l'applicazione in base alle esigenze locali.

Attualmente, diversi Paesi europei stanno tentando di mettere a punto metodologie di notifica più adeguate ed è in atto l'implementazione di nuovi sistemi informativi.

Paesi come la Germania, ad esempio, hanno già attivato un sistema funzionale per il rilevamento della epidemie che si basa sull'*Infectious Disease Protection Act* del 2001; anche la Svezia, recentemente, è riuscita a migliorare l'efficienza del sistema introducendo una fonte supplementare di notifica.

Generalmente le attività di sorveglianza si sviluppano secondo lo schema seguente:

- monitoraggio continuo delle malattie, molte delle quali possono essere causate da agenti patogeni specifici delle acque;
- individuazione delle epidemie;
- analisi delle tendenze;
- analisi geografica e demografica;
- *feedback* di quanto è emerso dall'attività di sorveglianza.

Dall'altra parte, in molti Paesi esistono problemi legati all'esistenza di condizioni limitative associate a:

- infrastrutture obsolete che conducono a difficoltà nella risposta tempestiva al sempre più ampio insieme e riconoscimento di agenti infettivi;
- metodi epidemiologici non aggiornati che sono basati su indagini di laboratorio piuttosto che epidemiologiche (es., studi caso-controllo);
- mancanza di esperienza da parte del personale incaricato e carenze di risorse ai laboratori;
- interventi non appropriati;
- inconsistenza di dati.

Il sistema di sorveglianza delle malattie in Italia

In Italia, esiste da diversi anni un sistema di sorveglianza delle malattie infettive che è affidato soprattutto al Sistema Informativo delle Malattie Infettive (SIMI). Il sistema ha una funzione importante nel determinare l'andamento temporale e la ciclicità stagionale di alcune malattie che si traduce poi, in maniera più particolareggiata, nella valutazione della normale incidenza di una specifica malattia (individuazione di soglie epidemiche) e nel tentativo di valutare la distribuzione geografica dei casi (individuazione di fonti comuni di esposizione). Questa valutazione permette di verificare le caratteristiche personali dei pazienti affetti dalla malattia oggetto di sorveglianza (individuazione di gruppi suscettibili) per svolgere un'adatta pianificazione sanitaria e definire interventi di prevenzione.

Il SIMI fa capo alla Direzione Generale della Prevenzione Sanitaria del Ministero della Salute, a cui afferiscono sia le segnalazioni dei Servizi di Igiene Pubblica, sia le sorveglianze speciali condotte dai Centri nazionali di riferimento o dall'Istituto Superiore di Sanità. A questi si affiancano le attività di monitoraggio e controllo dei Servizi di Igiene degli Alimenti e della Nutrizione (SIAN).

La raccolta di dati è basata sulle notifiche dei medici e, oltre alle segnalazioni per gli operatori della sanità pubblica, codifica riepiloghi mensili di tutte le malattie infettive notificate, compilati da ogni Azienda Sanitaria Locale (ASL).

La struttura del SIMI è stata ridefinita nel Decreto ministeriale 15 dicembre 1990 e successiva modifica relativa alla tubercolosi e alla micobatteriosi (Decreto ministeriale 29 luglio 1998). In particolare, il flusso informativo previsto si svolge attraverso il medico, ospedaliero o di base, che diagnostica la malattia infettiva ed effettua la segnalazione alla ASL di competenza, le Aziende Sanitarie Locali incaricate dell'adozione di eventuali misure di profilassi a tutela della salute pubblica, la Regione (Agenzia di Sanità Pubblica) con azione di supervisione e coordinamento, gli Organismi Centrali (Ministero della Salute, ISTAT, Istituto Superiore di Sanità) ed eventualmente internazionali (UE, OMS).

Oltre al SIMI, le altre componenti del sistema di sorveglianza delle malattie infettive in Italia sono i Sistemi di Sorveglianza Speciale per le meningiti (circolari Ministero della Sanità, 29 dicembre 1993 e 27 luglio 1994), per la legionellosi (circolare del Ministero della Sanità, 29 dicembre 1993), per la malattia di Creutzfeldt-Jakob (Decreto ministeriale, 21 dicembre 2001), per le tossinfezioni alimentari (Decreto Giunta Regionale 6 aprile 1999 e Decreto Giunta Regionale, 1 giugno 1999), per il morbillo (Circolare Ministero della Salute, 20 aprile 2007) e per alcune sorveglianze attivate dall'Istituto Superiore di Sanità che riguardano le epatiti virali acute (SEIEVA), la sindrome emolitica-uremica (SEU), le malattie sessualmente trasmesse (MST). Ad integrazione della sorveglianza delle meningiti batteriche esistente, a marzo 2007, è stato stilato un Protocollo che prevede la segnalazione di tutte le forme di malattia invasiva per i patogeni per i quali esiste un vaccino disponibile.

Esistono infine i Sistemi di Sorveglianza di Laboratorio per le diarreie infettive (Decreto Giunta Regionale 4259, 04/08/98), per le meningiti e per le altre forme invasive da batteri (Decreto Giunta Regionale 4260, 04/08/98), per le micobatteriosi e per la legionellosi (Decreto Giunta Regionale 2488, 11/05/99) che permettono di applicare una migliore accuratezza diagnostica e facilitano l'indirizzo di eventuali azioni di profilassi da avviare. Esiste anche un articolato programma di sorveglianza della tubercolosi con l'obiettivo di migliorare la sorveglianza epidemiologica della patologia a livello nazionale e di rafforzare la sorveglianza sulla farmaco-resistenza. In questo ambito, in accordo con tutte le regioni partecipanti al programma, è stato proposto un protocollo di sorveglianza che, pur tenendo conto delle differenze tra regioni, consentirebbe l'integrazione a livello nazionale della notifica con altre fonti informative.

Il SIMI stabilisce l'obbligo di notifica per 47 malattie infettive, classificate in 4 classi in base alla loro rilevanza in sanità pubblica ed al loro interesse sul piano nazionale ed internazionale che devono essere notificate con tempi e modalità differenziate in funzione della classe di appartenenza della malattia; prevede inoltre una V classe che comprende malattie non specificamente menzionate nei gruppi precedenti e le zoonosi indicate dal regolamento di Polizia Veterinaria.

Secondo tale sistema le malattie infettive a obbligo di notifica sono state differenziate in base alle informazioni da raccogliere e alla tempestività di invio dei dati. La suddivisione in classi risponde anche a criteri di rilevanza epidemiologica e ad esigenze differenziate di profilassi. Di seguito vengono riportate le malattie sotto notifica suddivise per classi (Tabella 1).

Nel caso di malattie incluse nella I classe, il medico segnala alla ASL, per telefono o mediante telegramma, entro 12 ore dal sospetto di un caso di malattia, l'evento. La ASL, a sua volta, avvisa immediatamente la Regione che contatta quanto prima il ministero e l'Istituto Superiore di Sanità (ISS). Una volta effettuato l'accertamento diagnostico poi, sarà sempre compito della ASL avvisare nuovamente sia in caso positivo che negativo, i due organismi. Il ministero poi, ove previsto, segnala immediatamente l'accertamento del caso all'OMS.

Nel caso di patologie di II classe, la notifica alla ASL da parte del medico deve pervenire entro due giorni dall'osservazione dei casi di malattia. Successivamente la ASL provvede alla compilazione ed all'invio del modello individuale di notifica e dei dati aggregati mensilmente, suddivisi per fasce di età e sesso, alla Regione che successivamente informerà il ministero, l'ISS e l'ISTAT.

Tabella 1. Classi di notifica delle malattie infettive secondo il sistema di sorveglianza in Italia

Classi	Tempi di segnalazione del medico alla ASL	Malattie
I - Malattie per le quali si richiede segnalazione immediata o perché soggette al Regolamento sanitario internazionale o perché rivestono particolare interesse	12 ore	Colera, botulismo, febbre gialla, febbre ricorrente epidemica, influenza con isolamento virale, febbri emorragiche virali (febbre di Lassa, Marburg, Ebola), rabbia, peste, tetano, poliomielite, trichinosi, tifo esantematico, difterite
II - Malattie rilevanti perché ad elevata frequenza e/o passibili di interventi di controllo	48 ore	Blenorragia, brucellosi, diarree infettive non da salmonella, epatite virale A, B, NANB, epatite virale non specificata, febbre tifoide, legionellosi, leishmaniosi cutanea, leishmaniosi viscerale, leptospirosi, listeriosi, meningite ed encefalite acuta virale, meningite meningococcica, morbillo, parotite, pertosse, rickettsiosi diversa da tifo esantematico, rosolia, salmonellosi non tifoidee, scarlattina, sifilide, tularemia, varicella
III - Malattie per le quali sono richieste particolari documentazioni	48 ore	AIDS, lebbra, malaria, micobatteriosi non tubercolare, tubercolosi
IV - Malattie per le quali alla segnalazione del singolo caso da parte del medico deve seguire la segnalazione dell'unità sanitaria locale solo quando si verificano focolai epidemici	24 ore	Dermatofitosi (tigna), infezioni, tossinfezioni e infestazioni di origine alimentare, pediculosi, scabbia
V - Malattie infettive e diffusive notificate all'unità sanitaria locale e non comprese nelle classi precedenti, zoonosi indicate dal regolamento di polizia veterinaria		Le notifiche di classe V sono comunicate annualmente al Ministero della Salute. Solo quando assumano le caratteristiche di focolaio epidemico, devono essere segnalate con le modalità previste per la Classe IV.

Nel caso di malattie inserite nella III classe sono previsti flussi informativi particolari e differenziati in funzione della patologia specifica.

Per la malattie di IV classe è previsto che, alla segnalazione del singolo caso da parte del medico, debba seguire la segnalazione della ASL solo quando si verificano focolai epidemici. In questo caso, la notifica da parte del medico deve pervenire alla ASL competente entro 24 ore. Sarà poi l'azienda a fare le successive notifiche agli organi competenti già identificati.

Nella V classe sono comprese malattie infettive e diffuse notificate alla ASL e non comprese nelle classi precedenti e zoonosi indicate dal regolamento di polizia veterinaria (DPR 8 febbraio 1954, n. 320). Queste patologie prevedono una comunicazione annuale con riepilogo delle malattie. Nel caso in cui tali malattie assumano le caratteristiche di focolaio epidemico devono essere segnalate con le modalità previste per la IV classe.

Malattie a trasmissione idrica

Nonostante, negli anni più recenti, siano stati fatti passi in avanti nelle attività di sorveglianza delle malattie a trasmissione idrica, la loro incidenza nei Paesi industrializzati rimane ancora sottostimata. Infatti, a livello europeo non è stato elaborato un sistema di sorveglianza adeguatamente organizzato per la raccolta di dati sulle patologie di questa origine ed è, ad esempio, possibile ipotizzare che molte gastroenteriti, di cui spesso non viene individuato l'agente eziologico (il 22% negli USA nel biennio 2001-2002), siano di diretta origine idrica, o comunque indirettamente ad essa correlate, e dovute quindi al consumo di acqua contaminata o di alimenti da essa contaminati.

In Italia, d'altra parte, il sistema di sorveglianza delle malattie attualmente operativo mostra difficoltà nella raccolta di dati così specifici.

È a oltre un secolo e mezzo fa che bisogna risalire per datare il termine di “malattie a trasmissione idrica” (*waterborne diseases*), quando fu cioè ottenuta la dimostrazione che l'acqua poteva rappresentare un vettore di microrganismi patogeni. Tuttavia, solo dalla metà del secolo scorso, nei Paesi più industrializzati, la messa in opera di tecniche, sempre più efficaci, di trattamento e disinfezione delle acque, e, successivamente, l'evoluzione del concetto di protezione delle risorse idriche, i criteri di controllo della qualità delle acque e di valutazione del rischio, la definizione di requisiti di idoneità all'uso e al consumo hanno condotto a un progressivo declino delle patologie legate alla diffusione dei più tradizionali patogeni enterici (*Salmonella*, *Shigella*, *Vibrio*). Se da una parte però si è assistito ad una riduzione delle patologie a carattere gastroenterico, dall'altra, altre patologie, direttamente ed indirettamente associabili all'acqua, sono state segnalate negli ultimi decenni, alcune delle quali causate da agenti di zoonosi (criptosporidiosi, microsporidiosi, campilobacteriosi), altre, da opportunisti ambientali (micobatteriosi) anche a carattere respiratorio (legionellosi).

Più di cento tipi di microrganismi patogeni (batteri, virus, parassiti e miceti) possono essere presenti nelle acque contaminate. Oltre alle patologie direttamente ad essi correlate, diverse e gravi patologie, al di là di condizioni di predisposizione, sono sospettate derivare da alcune di queste infezioni e causare danni cronici (Tabella 2).

Alcune condizioni ambientali e temporali, tendenze comportamentali e attività antropiche, quali fattori capaci di agire singolarmente o in sinergia, hanno contribuito allo sviluppo di nuovi presupposti per l'instaurarsi di condizioni rischio associate all'uso e al consumo di acqua, favorendo la comparsa di altre patologie a trasmissione idrica causate da patogeni cosiddetti nuovi, emergenti, riemergenti ed opportunisti che sono stati riconosciuti come patogeni umani in tempi recenti anche grazie all'evoluzione delle tecniche analitiche e di indagine epidemiologica.

Nel gruppo dei nuovi patogeni vengono inclusi comuni commensali, saprofiti o ambientali che possono determinare infezioni in soggetti appartenenti ai sottogruppi più suscettibili della popolazione (gli opportunisti patogeni), ma anche microrganismi antibiotico-resistenti, agenti di zoonosi e nuovi biotipi per trasferimento di caratteri di patogenicità.

Tabella 2. Patologie sospettate di essere associate a patogeni di origine idrica

Patologie	Tipo di patogeno
Artrite	<i>Giardia</i> , <i>Salmonella</i> , <i>Campylobacter</i>
Meningite asettica	Echovirus, Coxsackie virus
Cancro, ulcera peptica, gastriti croniche	<i>Helicobacter pylori</i>
Malattie cardiache	Coxsackie B
Malattie reumatiche	<i>Shigella</i> , <i>Klebsiella pneumoniae</i>
Diabete di tipo 1	Coxsackie B
Danni ai reni	<i>Escherichia coli</i> O157 <i>Microsporidi</i> <i>Cyclospora</i> <i>Vibrio vulnificus</i>
Danni al fegato	Virus dell'epatite A Virus dell'epatite E
Disordini neuromuscolari	<i>Campylobacter</i>

I patogeni emergenti, per definizione, sono quei microrganismi che vengono rilevati per la prima volta nella popolazione, che negli ultimi 20 anni hanno aumentato la loro incidenza rispetto al passato, che hanno allargato la loro area di influenza territoriale o che si ipotizza possano essere più frequentemente isolati nell'immediato futuro. Negli ultimi 30 anni sono state individuate 175 specie di patogeni emergenti da 96 diversi generi di cui il 75% erano specie zoonotiche. Con il termine patogeno riemergente invece si fa riferimento a quei microrganismi che, dopo un periodo variabile di assenza in un'area territoriale, ricompaiono con una frequenza rilevante, potenzialmente da attribuire ad una evoluzione adattativa in funzione delle caratteristiche immunitarie dell'ospite e a cambiamenti ambientali, socio-economici e demografici.

Tra i diversi microrganismi che, nelle ultime tre decadi, sono stati riconosciuti come importanti patogeni umani, quelli associati alla diffusione attraverso l'acqua rappresentano una percentuale relativamente elevata: *Cryptosporidium*, *Acanthamoeba*, *Legionella*, *Helicobacter pylori*, *Campylobacter*, Calicivirus, Norovirus, nonché *Pseudomonas aeruginosa*, *Pseudomonas stutzeri*, *Flavobacterium*, *Burkholderia cepacia*, *Stenotrophomonas maltophilia*, *Enterobacter sakazakii*, ecc.

Tradizionalmente la sintomatologia associata al consumo/contatto di acqua contaminata è quella a carattere gastroenterico, sia per il tipo di manifestazione dei sintomi sia per la potenzialità di impatto tra la popolazione e l'elevato tasso di infezione (50% degli esposti). A questo proposito, dalla raccolta di dati cumulativi, ottenuti da 53 studi epidemiologici svolti sul territorio italiano dal 1980 al 1996, risulta che, su un totale di circa 55.000 casi di malattia caratterizzati da sintomi diarroici, i principali microrganismi individuati come responsabili della sintomatologia erano, in misura percentuale, quelli riportati in Tabella 3.

Tuttavia, l'acqua come vettore di malattie per l'uomo è responsabile anche di diverse manifestazioni morbose a carattere respiratorio (infezioni da Adenovirus, legionellosi, micobatteriosi), cutaneo (infezioni micotiche, da stafilococco, da vibroni alofili, ecc.), otorinolaringoiatrico (infezioni da virus, da *Pseudomonas*, ecc.), oculistico (amebiasi, infezioni da *Pseudomonas*), sistemiche e localizzate in diversi distretti che assumono rilevanza per la facilità di diffusione.

È noto che la diffusione delle infezioni attraverso l'acqua dipende da diversi meccanismi che vedono coinvolti la capacità di sopravvivenza nell'acqua dei microrganismi, la loro vitalità, la dose infettante, la capacità di moltiplicarsi nell'ambiente e, non ultimo, le interazioni ospite-patogeno. Tuttavia, il paradigma di esposizione individuale alle cause di malattia dipende anche

da una sommatoria di fattori che determinerà il rischio soggettivo per le diverse malattie e che risulterà facilmente diverso da un individuo all'altro (in ragione di peculiarità individuali) come anche altrettanto facilmente identico (in ragione di esposizioni comuni a fattori di rischio).

Tabella 3. Principali microrganismi individuati come responsabili di sintomi diarroici in casi di malattie registrate in Italia dal 1980 al 1996

Patogeno	% di frequenza
Rotavirus	26,6
<i>Salmonella</i> spp.	13,1
<i>E. coli</i> patogeni	6,7
<i>Campylobacter</i>	5,5
Adenovirus	5,0
<i>Clostridium</i>	3,7
<i>Aeromonas</i>	3,0
<i>Cryptosporidium</i>	2,9

In realtà, diversi fattori intervengono nella comparsa di microrganismi riconosciuti solo in tempi più recenti come patogeni per l'uomo e nella loro rapida affermazione come tali:

- cambiamenti demografici e sociali: aumento della popolazione e conseguente incremento della richiesta e dei consumi di acqua, fenomeni migratori, aumentato numero di individui ad alto rischio per allungamento della vita media delle popolazioni, aumentato numero di emergenze umanitarie;
- modifiche ambientali: deviazione di corpi idrici (dighe, impianti di irrigazione), sovrasfruttamento delle risorse idriche, disboscamenti, modifiche di pratiche agricole (riuso di acque reflue in agricoltura, inappropriato uso di nuove generazioni di insetticidi, ecc.) e industriali;
- cambiamenti climatici: riscaldamento globale, siccità, aumentato numero di emergenze ambientali;
- cambiamenti degli stili di vita: intensificazione dei viaggi, per lavoro o per turismo, e del commercio internazionali, aumentata frequentazione di strutture quali piscine, centri termali e per il benessere fisico, uso di impianti di climatizzazione dell'aria, modifiche delle abitudini alimentari, uso scorretto di antibiotici, eccessiva attenzione alle pratiche di igiene con conseguenze associate all'aumento dell'incidenza di malattie intestinali nei bambini con più elevati standard di vita e di tipo igienico.

In particolare, per quanto riguarda la diffusione di patogeni attraverso le acque potabili, uno dei problemi attualmente più rilevante è rappresentato dalla contaminazione microbiologica cronica o episodica dell'acqua durante la produzione e la distribuzione. È riconosciuto che i processi di trattamento delle acque possano determinare una pressione selettiva sui microrganismi presenti in acqua che sono in grado di sviluppare un'ampia gamma di strategie di sopravvivenza. La più diffusa e conosciuta è quella in base alla quale i microrganismi sopravvivono, rimanendo danneggiati, in uno stato quiescente che non ne consente la crescita, e quindi il rilevamento, durante l'esame analitico. È la cosiddetta fase VNC (*viable non culturable*), durante la quale i microrganismi manifestano il danno subito con l'incapacità di crescere sui terreni selettivi determinando risultati "falsi negativi" all'analisi microbiologica. Tuttavia, durante il percorso nella rete di distribuzione e fino al rubinetto, possono venirsi a trovare in condizioni fisiche e spaziali favorevoli, come fondi di rete, tubicoli, superfici dove il flusso dell'acqua è più lento, rompiflusso, valvole, guarnizioni, su particolato, ecc. Grazie all'attività del substrato su cui si trovano ad aderire che, oltre a limitare l'esposizione ai disinfettanti e ai fattori ostili alla loro sopravvivenza, può

anche concentrare nutrienti per il loro mantenimento, possono subire un processo di rivitalizzazione che li rende nuovamente metabolicamente attivi ed in grado di moltiplicarsi. Risultano così nuovamente rilevabili in condizioni standard di laboratorio, creando sì un'apparente condizione di contaminazione dell'acqua in entrata nella rete idrica, ma anche una reale situazione di presenza di microrganismi nel flusso d'acqua nei tubi.

Rilascio di prodotti metabolici microbici, di metalli per fenomeni di corrosione, condizioni che sostengono la crescita/ricrescita batterica nelle reti di distribuzione possono avere quindi conseguenze sulla qualità igienico-sanitaria ed organolettica dell'acqua. In questo ambito, il fenomeno che si riscontra in tutte le reti di distribuzione dell'acqua potabile è quello della produzione di biofilm che, oltre a provocare problemi operativi negli impianti idrici, è causa di problemi sanitari. I biofilm delle reti acquedottistiche possono ospitare un'ampia varietà di organismi e sono caratterizzati da un *turn over* di gruppi microbici. Un distacco di cellule microbiche e l'adesione di altre sarebbe osservabile in continuo.

Le specie che vanno a costituire i biofilm nei sistemi di distribuzione delle acque potabili sono piuttosto ricorrenti anche se le loro concentrazioni possono ampiamente variare. Oltre ai batteri che partecipano alla biocorrosione, strettamente ambientali e non rilevanti dal punto di vista sanitario, tra i primi colonizzatori del biofilm sono segnalati microrganismi che fanno parte della flora microbica naturale delle acque, principalmente batteri pigmentati, a cui fanno seguito specie appartenenti ai generi *Flavobacterium*, *Arcobacter*, *Acinetobacter*, *Sarcina*, *Micrococcus*, *Proteus*, *Bacillus*, attinomiceti e lieviti. Anche alcuni coliformi, come *Klebsiella pneumoniae*, sono più spesso riscontrabili rispetto ad altre specie dello stesso gruppo, molto probabilmente perché hanno un maggior successo competitivo. Comunque, se sporadiche sembrano essere le evidenze associate alla presenza di microrganismi patogeni nelle acque potabili in distribuzione, soprattutto in Italia, diversi patogeni e opportunisti patogeni possono invece essere isolati dal biofilm (*Legionella*, *Aeromonas*, *Pseudomonas*, protozoi, micobatteri) che rappresenta quindi una fonte di diffusione di microrganismi, anche patogeni, nell'acqua.

Nelle Tabelle 4-6 sono riassunte le caratteristiche dei microrganismi potenzialmente agenti di patologie a trasmissione idrica di alcuni dei quali, nei successivi paragrafi, verranno descritte le caratteristiche morfologiche, biochimiche e di funzione.

Tabella 4. Caratteristiche di alcuni batteri patogeni presenti nelle acque

Batteri	Resistenza al Cl ₂	Effetti sulla salute	Diffusione nelle acque	VNC*	Persistenza in acqua
<i>Micobatteri</i> ambientali	Elevata	Polmoniti, gastroenteriti	Comune	No	Lunga
<i>H. pylori</i>	Bassa	Ulcera, tumore allo stomaco	Abbastanza comune	No	**
<i>E. coli</i> patogeni	Bassa	Diarrea	Abbastanza comune	Si	Breve
<i>Legionella</i>	Media	Polmonite	Comune	Si	Media
<i>Aeromonas</i>	Media	Gastroenterite	Comune	No	Media
<i>P. aeruginosa</i>	Alta	gastroenteriti, infezioni polmonari	Comune	No	Media
<i>C. jejuni</i>	Bassa	Diarrea	Abbastanza comune	Si	Breve
<i>Y. enterocolitica</i>	Bassa	Diarrea	Abbastanza comune	No	Media

*VNC: Vitale non coltivabile; ** informazione non disponibile;

Tabella 5. Caratteristiche di alcuni virus presenti nelle acque

Virus	Resistenza al Cl ₂	Dose infettante (PFU virali)	Effetti sulla salute	Diffusione nelle acque	Persistenza in acqua
Enterovirus	Media	Bassa	Vari (miocardite, meningoencefaliti, poliomieliti, ecc.)	Comune	Lunga
HAV	Media	Bassa	Epatite infettiva, danni epatici	Comune	Lunga
HEV	Media*	Bassa	Epatite, danni epatici	Abbastanza comune	Lunga
Adenovirus	Media	Bassa	Vari (faringite, congiuntivite, gastroenteriti, ecc.)	Comune	Lunga
Norovirus	Media	Bassa	gastroenteriti	Comune	Lunga
Rotavirus	Media	Bassa	gastroenteriti	Abbastanza comune	Moderata
Sapovirus	Media	Bassa	gastroenteriti	Abbastanza comune	Lunga

Tabella 6. Caratteristiche di alcuni protozoi patogeni presenti nelle acque

Protozoi	Resistenza al Cl ₂	Effetti sulla salute	Diffusione nelle acque	Persistenza in acqua
<i>Cryptosporidium</i> spp.	Alta	Diarrea acuta e cronica	Comune	Lunga
<i>Giardia</i> spp.	Alta	Diarrea e malassorbimento	Comune	Moderata
<i>Toxoplasma gondii</i>	Alta	Linfoadenopatia, febbre, infezioni congenite	Potenziale	Lunga
<i>Microsporidia</i>	Alta	Diarrea e perdita di peso	Potenziale	Lunga
<i>Cyclospora cayetanensis</i>	Alta	Diarrea persistente	potenziale	Lunga

Obiettivi dello studio e metodologie

La risorsa idrica, per le sue caratteristiche e per la sua rilevanza sulla salute pubblica, rappresenta una ricchezza non rinnovabile di particolare valore che deve essere tutelata. Il punto di vista più corretto per garantirne la salvaguardia nei suoi aspetti qualitativi e quantitativi è quello di ottenere una visione integrata dei problemi in termini, ad esempio, di un suo corretto utilizzo, di un' oculata gestione del territorio e di un adeguato smaltimento dei liquami e dei rifiuti.

La salvaguardia della qualità delle acque potabili è strettamente correlata alla sorveglianza della salute delle popolazioni. Infatti, accanto ad attività di valutazione del rischio associato all'uso e al consumo di acqua, importante diventa affrontare quegli aspetti che riguardano le relazioni tra l'acqua, come fattore di rischio e mezzo di trasmissione di patologie di derivazione idrica, e lo stato di salute della popolazione.

La sorveglianza dei rischi associati alla qualità delle acque è una attività già esercitata in diversi Paesi industrializzati, ma è, al momento, in ritardo in Italia.

Lo scopo del lavoro presentato è stato quindi quello di ottenere dati e informazioni sulla diffusione di malattie direttamente o indirettamente correlabili all'acqua sul territorio italiano,

anche per verificare la possibilità di individuare i punti critici dell'attività di sorveglianza così come è attualmente indirizzata.

Pertanto, sono stati, primariamente, individuati i microrganismi che possono rappresentare un rischio per la salute se presenti nelle acque, e quindi selezionate sia le patologie ad essi correlate, sia le potenziali cause d'infezione. Non è stato possibile rilevare dati per tutte le patologie che erano state selezionate; pertanto le patologie prese in considerazione, e di cui sono state esaminate le schede di notifica, sono state quelle indicate di seguito: amebiasi, epatite A, epatite E, gastroenteriti, giardiasi, legionellosi, paratifo A, paratifo B, rotavirus, salmonellosi, salmonellosi B, salmonellosi C, salmonellosi D, salmonellosi E, shigellosi, tifo, tossinfezioni.

Successivamente, è stato quindi possibile, attraverso il lavoro di raccolta ed elaborazione dei dati, ottenere un quadro epidemiologico, seppur limitato ad un'area ristretta, del peso di 17 malattie a trasmissione idrica e del loro andamento, nell'area e nel periodo considerati.

Sono stati, pertanto, esaminati e schedati i moduli di notifica provenienti da alcune aziende sanitarie del territorio laziale che comprendevano, nel distretto di loro competenza, anche tratti di litorale.

La raccolta dei dati di interesse ha riguardato il periodo compreso tra il 2001 e il 2006, individuando quelle patologie che avevano come causa la diffusione di microrganismi trasmessi tramite la via idrica o che comunque prevedessero nel loro "percorso etiologico" anche il contatto con l'acqua. Nell'elaborazione dei dati, sono stati presi in considerazione anche fattori quali sesso, età dei pazienti e possibili fonti di contagio, così come riportati nelle schede di notifica.

ORGANISMI RILEVABILI NELLE ACQUE

Le malattie trasmesse dall'acqua sono uno dei maggiori problemi di sanità pubblica a livello mondiale, ma la loro incidenza è difficile da stimare per la diffusa sottonotifica. I sistemi di sorveglianza possono sì contribuire all'acquisizione ed integrazione delle conoscenze necessarie all'identificazione degli agenti etiologici emergenti, delle popolazioni a rischio e delle epidemie, ma dovrebbero ancor più fornire fondatezza scientifica alla valutazione delle priorità in campo di sicurezza ambientale anche in funzione dell'allocazione più razionale delle risorse.

La lista dei microrganismi che possono provocare malattie veicolate dall'acqua è ampia e vasta è anche la gamma delle patologie da essi provocate.

Di seguito verranno passati in rassegna, oltre ad alcuni microrganismi ambientali, anche alcuni tra i più importanti organismi segnalati, nei Paesi occidentali, come patogeni potenzialmente trasmissibili attraverso l'acqua, focalizzando l'attenzione sulle loro caratteristiche morfologiche, biochimiche e di funzione, sulla sintomatologia delle malattie associate ad essi e sulla risposta a fattori ambientali e di trattamento delle acque.

Batteri

***Aeromonas* spp.**

Aeromonas spp. è un batterio ambientale Gram-negativo, non sporigeno, aerobio facoltativo. È diffuso in acque superficiali, dolci e marine e anche nel suolo e sulla vegetazione.

La tassonomia del genere è in continua evoluzione per quanto riguarda il rilievo delle caratteristiche fenotipiche e delle proprietà genetiche. Finora è stata accertata l'esistenza di 18 gruppi di ibridizzazione non tutti distinguibili su base biochimica. La classificazione tradizionale riporta la distinzione tra *Aeromonas salmonicida*, specie psicrofila non motile e patogeno dei pesci, e *A. hydrophila*, *A. sobria*, *A. caviae*, *A. veronii* e *A. schubertii*, specie mesofile.

Nei climi temperati *Aeromonas* spp. può moltiplicarsi in acqua se vi è un sufficiente apporto di nutrienti. Come *Legionella*, è presente nelle acque destinate al consumo umano generalmente in basse concentrazioni, ma può moltiplicarsi nei sistemi di distribuzione delle acque per la capacità di crescere in condizioni di oligotrofia. La sua presenza non è correlata a quella degli indicatori di contaminazione fecale che quindi non sono in grado di segnalarlo. Questa nota caratteristica è stata, di recente, anche messa in evidenza in uno studio condotto su risorse idriche italiane: su oltre 7000 campioni d'acqua analizzati in 3 anni, più del 20% è risultato positivo per *Aeromonas* spp., senza però che ci sia stato un riscontro tra la concentrazione di questi microrganismi e quella degli indicatori di contaminazione fecale.

L'entità dello sviluppo in rete varia considerevolmente in base alla disponibilità di nutrienti, al tempo di permanenza in rete e alla temperatura dell'acqua. È stato riscontrato che la moltiplicazione di *Aeromonas* è proporzionale alla formazione potenziale di biofilm nelle condutture dell'acqua. Questa relazione tra ricrescita di *Aeromonas* e presenza del biofilm è alla base dell'impiego, in Olanda, di questo microrganismo come indicatore delle potenzialità di ricrescita batterica nelle reti (valore guida 200 cfu/100 ml).

Il possibile ruolo delle acque potabili come via di trasmissione dell'infezione da *Aeromonas* spp. è ancora in discussione, anche se è ormai noto che alcune fenospecie di *Aeromonas* sono in grado di produrre differenti fattori di virulenza, come tossine extracellulari, citotossine ed

enterotossine. *Aeromonas hydrophila* è stato riconosciuto come potenziale agente di AGI, setticemie, coliti e meningiti. Questo microrganismo è stato anche frequentemente isolato da infezioni di ferite venute in contatto con acqua inquinata.

I dati più recenti, tuttavia, non confermano né smentiscono le potenzialità degli *Aeromonas* come enteropatogeni. Infatti, dosi infettanti variabili tra 10^7 e 10^{10} hanno dato luogo, in maniera incongrua, a gastroenteriti nell'uomo e le stesse frequenze di isolamento di *Aeromonas* spp. sono state osservate in adulti sintomatici e asintomatici. Tuttavia, diversamente da quanto messo in luce da studi precedenti, indagini di tipizzazione eseguite anche su ceppi isolati in Italia non hanno rilevato alcuna correlazione tra gli stipti ottenuti da pazienti affetti da gastroenterite da *Aeromonas hydrophila* e i ceppi presenti nelle risorse idriche. Tuttavia, questi batteri vengono frequentemente isolati dall'acqua potabile, come rilevato anche da studi svolti in Italia, soprattutto in relazione a specifiche condizioni stagionali e climatiche e di trofia delle acque.

Campylobacter

I batteri appartenenti al genere *Campylobacter* si presentano sotto forma di bastoncelli sottili, ricurvi (0,2-0,5 μm di diametro) e talvolta spiralati, sporigeni; Gram-negativi, mobili e microaerofili richiedono, per la crescita, concentrazioni di O_2 variabili tra 3 e 15% e di CO_2 tra 3 e 5%. Non fermentano e non ossidano carboidrati, come fonte di energia non utilizzano carboidrati ma amminoacidi o composti intermedi del ciclo degli acidi tricarbossilici. In genere sono sensibili a molti antibiotici, ma scarsamente alla penicillina.

Nel genere sono classificate 16 specie e sei sottospecie. *C. jejuni* (sottospecie *jejuni*) e *C. coli* sono considerate le maggiori responsabili di malattie nell'uomo. Anche *C. laridis* e *C. upsaliensis* sono considerati patogeni umani, ma meno frequentemente sono segnalati come responsabili di casi di malattia.

Il genere *Campylobacter* comprende microrganismi associati a molte specie di animali a sangue caldo, sia domestici sia selvatici, e a frutti di mare. L'infezione, una zoonosi, anche asintomatica, può manifestarsi, sebbene raramente, in numerosi mammiferi (bovini, ovini, suini, cani e gatti); nell'uomo sono state descritte numerose epidemie in relazione a contaminazione di alimenti e di acque ad uso potabile, soprattutto in Paesi del Nord Europa e in Usa.

La principale via di trasmissione è ritenuta quella alimentare, attraverso l'ingestione di carne poco cotta o latte contaminati ma anche l'acqua è riconosciuta come serbatoio di infezione.

Campylobacter è segnalato dall'OMS come principale causa di malattie diarroiche nell'uomo e considerato l'agente batterico più comunemente responsabile di gastroenteriti nel mondo. Nell'anno 2005 nell'Unione Europea, la campylobatteriosi è risultata la patologia zoonotica più frequente nell'uomo, con un aumento del 7,8% rispetto all'anno precedente; l'incidenza stimata è stata di 51,6 casi per 100,000.

La patogenicità di *Campylobacter* è legata a vari fattori. La motilità del microrganismo favorisce la sua penetrazione nello strato di muco che ricopre l'epitelio intestinale; inoltre, diverse adesine e gli stessi flagelli favoriscono l'attacco alle cellule epiteliali.

L'infezione sostenuta da *Campylobacter* spp. dà luogo ad enterite acuta caratterizzata da febbre alta e persistente, diarrea (inizialmente acquosa e successivamente sanguinolenta) e violenti crampi addominali. Si manifesta sporadicamente o in piccoli episodi epidemici a carattere familiare; non mancano però segnalazioni di epidemie. Può essere letale in individui immunodepressi.

In associazione alla malattia sono state segnalate complicazioni, come batteriemie, epatiti, pancreatiti e aborto, e, in post-infezione, artriti, disordini neurologici come la sindrome di Guillain-Barré, e forme di paralisi associate a disfunzioni respiratorie e neurologiche.

L'acqua svolge un ruolo importante nell'ecologia del microrganismo che può essere isolato con elevata frequenza da acque dolci, soprattutto nei mesi invernali, per la più alta capacità di sopravvivenza del batterio alle basse temperature. Come verificato da studi svolti in Italia, anche *Campylobacter* può entrare a far parte del biofilm e trovarsi nella condizione VNC e, negli alimenti, sopravvive anche a 4 °C. Tuttavia, è particolarmente sensibile alla disidratazione e a bassi valori di pH.

Escherichia coli

Escherichia coli appartiene alla famiglia delle Enterobacteriaceae ed è il più noto rappresentante della flora microbica intestinale dell'uomo e di molti animali a sangue caldo. È un microrganismo che di norma non è patogeno, da oltre un secolo considerato indicatore di contaminazione fecale dell'acqua e degli alimenti. Tuttavia, nell'ambito di questa specie sono stati distinti alcuni cloni che hanno acquisito patogenicità. Tra questi spiccano i cosiddetti ceppi enteroemorragici di *E. coli* (EHEC), il cui capostipite è rappresentato dal sierotipo O157:H7.

I ceppi EHEC sono anche detti verocitoproduttori e indicati con gli acronimi STEC e VTEC. In effetti, questi ceppi possiedono la capacità di sintetizzare tossine di tipo Shiga (Shiga-like toxins, o ST), dette anche verocitotossine (VT); si tratta di potenti esotossine simili alla vera e propria tossina "Shiga", sintetizzata da *Shigella dysenteriae* 1 e in grado di indurre un danno irreversibile quando inoculate sperimentalmente su monostrati di cellule VERO.

I ceppi VTEC, e in particolare *E. coli* O157, causano patologie grazie alla sintesi di due importanti fattori di aggressione: l'intimina e le verocitotossine (VTs). L'intimina è una proteina adesiva in grado di determinare particolari lesioni nelle cellule intestinali (enterociti), mentre le VTs, proteine sintetizzate da geni veicolati da batteriofagi, sono responsabili dei quadri sintomatologici più gravi, come la colite emorragica (CE) e la sindrome emolitico uremica (SEU).

Oltre a *E. coli* O157:H7, altri sierotipi, come O26:H11, O111:H8, O104:H21, sono stati implicati in focolai e casi sporadici di infezione. Da uno studio condotto recentemente in Italia, che ha preso in considerazione i casi di infezione da VTEC dal 1988 al 2002, è emerso che i sierotipi principalmente coinvolti nei casi di SEU sono O157, O26, O111, O145 e O103. La fascia di popolazione più colpita è risultata quella pediatrica (1-6 anni).

La prima epidemia associata alla presenza di questo microrganismo nelle acque potabili è stata segnalata in Missouri, USA, nel 1989 e interessò più di 240 persone, con 32 ricoveri in ospedale e 4 morti. L'origine della contaminazione non è stata identificata con chiarezza, ma è stato ipotizzato che sia stata causata da una rottura verificatasi nella rete di distribuzione dell'acqua.

La più grande epidemia nota causata da *E. coli* O157:H7 ha avuto luogo a Walkerton in Ontario, USA, nel 2000 e ha interessato più di 2000 persone. L'indagine epidemiologica attribuì l'epidemia all'acqua potabile. Venne individuata quale possibile causa l'inefficienza del trattamento di potabilizzazione in occasione di un periodo particolarmente piovoso che aveva determinato un notevole dilavamento del suolo, con aumento della torbidità dell'acqua in ingresso all'impianto. Fu anche dimostrata la presenza di fonti di contaminazione ambientale (es., allevamenti e pascoli) che avevano contribuito all'inquinamento della fonte di approvvigionamento idrico.

E. coli non risulta particolarmente resistente ai trattamenti di potabilizzazione e viene inattivato dalle comuni concentrazioni di cloro e derivati. Esistono numerose varianti fenotipiche del sierotipo O157:H7 che possono avere un considerevole impatto sui metodi di ricerca di questi patogeni. Infatti, nonostante la presenza di *E. coli* O157:H7 nelle acque sia frequentemente suffragata da evidenze epidemiologiche, è spesso complesso isolare questo

ceppo dall'acqua. Le difficoltà analitiche possono essere attribuite alla sensibilità limitata dei metodi microbiologici tradizionali. Risultati migliori sono stati ottenuti con metodi molecolari anche se è necessario considerare che, anche se questi metodi mostrano una elevata sensibilità e specificità, e permettono di distinguere le diverse varianti fenotipiche, non è pensabile, al momento, utilizzarli come metodi per il controllo di routine.

Helicobacter

Helicobacter pylori, precedentemente noto come *Campylobacter pylori*, è stato riconosciuto come patogeno umano nel 1983 e come carcinogeno di gruppo 1 nel 1994.

Sono state individuate due forme morfologicamente distinte del batterio, una forma a piccola spirale e una coccoide, finora non coltivabile che non è stato ancora chiarito se sia VNC, e quindi capace ancora di provocare l'infezione.

H. pylori è stato isolato dall'ambiente e dall'acqua con metodi di microscopia a fluorescenza e tecniche molecolari. In condizioni sperimentali, il microrganismo si è dimostrato capace di sopravvivere da alcuni giorni fino ad alcune settimane in acqua di fiume sterile, soluzione salina e acqua distillata a vari livelli di pH e a temperature variabili da 4 °C a 15 °C. Questi risultati fanno ipotizzare che l'acqua possa essere una fonte potenziale di trasmissione di *H. pylori*.

L'infezione da *H. pylori* è stata associata a gastriti, ulcere duodenali e ad un'aumentata incidenza di adenocarcinoma gastrico. Il microrganismo colonizza la mucosa gastrica e provoca un'infezione cronica associata ad una risposta infiammatoria. Si ritiene che la prevalenza dell'infezione da *H. pylori* nel mondo sia approssimativamente intorno al 50%, con una più elevata prevalenza nei Paesi in via di sviluppo (90%). L'infezione, nella gran parte dei casi, è acquisita durante l'infanzia. La dose infettante non è nota anche se si suppone sia bassa. Dei soggetti che hanno acquisito l'infezione, solo una percentuale relativamente bassa (6-20%) sviluppa una malattia gastroduodenale e circa l'1% avrà una diagnosi di tumore gastrico.

Non è ancora ben chiarito quale sia la via di trasmissione del batterio, anche se sembra che la trasmissione possa essere orale-orale o fecale-orale. Come fattore di rischio è stato anche ipotizzato il consumo di vegetali irrigati con acque reflue non trattate. Studi effettuati in alcuni Paesi in via di sviluppo hanno segnalato la possibilità che l'infezione da *H. pylori* sia associata a condizioni ambientali particolari, come scarsa igiene e consumo di acqua contaminata.

In generale, la via di trasmissione prevalente sembra dipendere dalla situazione, anche se, in molte circostanze, la trasmissione da persona a persona gioca un ruolo cruciale. Acqua ed alimenti sembrano avere un'importanza meno rilevante anche se giocano un ruolo significativo in condizioni di scarsa igiene.

Alcuni studi hanno evidenziato una relativa sensibilità ai comuni trattamenti di potabilizzazione delle acque. Analogamente ad altri batteri, *H. pylori* può essere rimosso dall'acqua utilizzando metodi fisici, come coagulazione, sedimentazione e filtrazione. È anche sensibile ai disinfettanti comunemente usati, anche se, rispetto a *E. coli*, è leggermente più resistente ai trattamenti con cloro e ozono. Tuttavia, se *H. pylori* entra nel sistema di distribuzione dell'acqua sembra difficile che le concentrazioni di cloro residuo, di solito presenti, siano in grado di eliminarlo.

Legionella

Rappresenta l'unico genere della famiglia delle *Legionellaceae*. Si tratta di un bacillo Gram-negativo, aerobio ed asporigeno, mobile per la presenza di uno o più flagelli. Una caratteristica strutturale peculiare di questo microrganismo è determinata dalla presenza di acidi grassi a catena ramificata che di solito non sono presenti negli altri Gram-negativi.

Dal punto di vista biochimico le legionelle non hanno alcuna capacità di fermentare gli zuccheri e mostrano inoltre una debole attività ossidasica e catalasica. La loro fonte nutritiva è determinata da alcuni aminoacidi quali cisteina, arginina, isoleucina e metionina.

Attualmente al genere *Legionella* appartengono 48 specie suddivise in 70 sierogruppi, di cui circa la metà risulta essere patogena opportunista.

Dei 14 sierogruppi appartenenti alla specie *Legionella pneumophila*, i sierogruppi dall'1 al 6 sono i maggiormente implicati nella patologia umana. L'infezione da *Legionella* può essere causata dalla diffusione di aerosol provenienti da torri di raffreddamento, impianti di climatizzazione e condensatori evaporativi, nonché da impianti di distribuzione di acqua potabile (soffioni delle docce, rubinetti), apparecchi sanitari, deumidificatori e fontane. Condizioni di rischio sono anche quelle associate a stabilimenti termali e vasche per idromassaggio.

Il serbatoio naturale di *Legionella* è l'ambiente idrico. I fattori che favoriscono la presenza di *Legionella* nell'acqua sono diversi e prevalentemente associati a condizioni di acqua stagnante o a flusso lento, a temperature comprese tra 25 °C e 45 °C, a pH compresi tra 5 e 8, all'uso di materiali e di accessori nella rete idrica che possono predisporre alla crescita, a presenza di sedimenti e di biofilm e di depositi che favoriscono anche la crescita di microflora commensale. In modo particolare, come osservato anche da studi svolti in Italia, il biofilm rappresenta un sito d'elezione per la presenza e la moltiplicazione di *Legionella*.

Il batterio è considerato il maggior responsabile di patologie a trasmissione idrica manifestandosi con due forme particolari: la legionellosi e la febbre di Pontiac. La prima si manifesta come una polmonite acuta – dopo un periodo di incubazione di 2-10 giorni, compaiono disturbi simil-influenzali – mentre la febbre di Pontiac è una patologia acuta autolimitante che non interessa il polmone.

La legionellosi può manifestarsi con fenomeni epidemici variabili che vanno da un cluster di esposizione nel tempo e nello spazio, ad una serie di casi indipendenti in aree ad alta endemia, a casi sporadici senza un evidente raggruppamento temporale o geografico. Focolai epidemici si verificano ripetutamente in ambienti collettivi a residenza temporanea, come ospedali ed alberghi. La maggior parte dei casi di polmoniti di origine comunitaria si manifestano nei periodi estivo-autunnali, mentre quelli di origine nosocomiale non hanno una precisa collocazione stagionale. In Italia, dal 2003 al 2007, i casi di legionellosi sono stati 3865 casi in totale e sono stati segnalati prevalentemente nelle regioni centro-settentrionali.

Legionella è sensibile al cloro, ma poiché i metodi massivi di disinfezione non sono sufficienti per eliminare definitivamente la presenza del microrganismo nelle reti idriche, anche per la potenziale associazione del microrganismo ad amebe, e la disinfezione puntuale senza misure strutturali ha solo un'azione temporanea, è necessario mettere in atto misure specifiche per controllarne la proliferazione negli impianti.

Leptospira

Le leptospire appartengono all'ordine delle Spirochaetales e sono batteri a spire elicoidali del diametro di 0,1 µm e di 6 -12 µm di lunghezza, motili ed aerobi obbligati. Sono parassiti patogeni per l'uomo e per gli animali. Nel genere *Leptospira* sono state identificate 17 specie che sono state suddivise in specie patogene, non patogene-ambientali ed opportuniste. Tra le specie patogene sono comprese *L. interrogans*, *L. kirschneri*, *L. santarosai*, *L. weilii*, *L. alexanderi*, *L. borgpetersenii*, *L. genomospecies 1* e *L. noguchii*.

La leptospirosi, un'antropozoonosi, colpisce molte specie animali sia domestici sia selvatici in tutto il mondo; l'uomo è un ospite occasionale e finale. Il principale serbatoio dell'infezione è rappresentato dai roditori. L'uomo si infetta, attraverso ferite della cute e delle mucose, tramite

contatto diretto o indiretto con animali infetti, acqua, suoli o alimenti contaminati dalle urine degli animali. Sono colpiti dall'infezione prevalentemente agricoltori, veterinari, addetti alla macellazione, o coloro che praticano attività sportive o ricreative in corsi d'acqua contaminati.

Dal momento in cui la *Leptospira* supera la cute o le mucose, segue un'incubazione di 1 – 2 settimane, con colonizzazione dei linfonodi. Seguono, prima, una fase setticemica in cui la *Leptospira* si moltiplica nelle cellule del sistema reticolo endoteliale, poi, una fase con localizzazioni viscerali, con lesioni organiche e funzionali a carico soprattutto del rene, del fegato e del sistema nervoso centrale (più raramente). La malattia si manifesta nel 15-40% dei soggetti esposti. La malattia può manifestarsi in forma lieve (leptospirosi anitterica), che rappresenta il 90% delle forme sintomatiche, o grave (morbo di Weil) (5-10% delle forme sintomatiche).

I sintomi della leptospirosi anitterica danno un quadro simil-influenzale con nausea e vomito, iperemia congiuntivale e dolori muscolari. In una percentuale significativa di soggetti si può manifestare meningite che regredisce rapidamente o persiste per settimane o mesi.

Il morbo di Weil inizia con gli stessi sintomi della forma lieve, ma dopo 4-9 giorni si manifestano ittero, compromissione epatica, insufficienza renale, manifestazioni emorragiche ed elevata mortalità. È anche frequente l'interessamento polmonare. I casi di mortalità, se curati in misura adeguata e tempestivamente, si riducono al 10%.

Le leptospire sopravvivono per diversi mesi nell'ambiente, in acqua e nei suoli con pH acido. Non si rilevano in acque disinfettate.

Pseudomonas aeruginosa

È un microrganismo ubiquitario nell'ambiente. È caratterizzato da un'elevata capacità di adattamento. Si rileva in acque superficiali, reflue e marine, suoli, vegetazione e in generale, in ambienti acquatici artificiali e, comunque, in tutti gli ambienti umidi. Inoltre è in grado di crescere in acqua distillata, in cosmetici e di sopravvivere nei disinfettanti a base di ammonio quaternario. Si moltiplica facilmente, raggiungendo concentrazioni elevate, anche nelle acque oligotrofe dove la sua presenza è in ogni modo difficilmente correlabile a quella degli indicatori di contaminazione fecale.

Rappresenta uno dei microrganismi tipici dei biofilm. Infatti, è in grado di aderire a superfici umide o in contatto con liquidi grazie alla produzione, da parte di ceppi mucoidi o non mucoidi, di lipopolissaccaridi e glicoproteine extracellulari; le condizioni ambientali sembra possano sostenere un'influenza significativa su quei fattori molecolari necessari alla formazione della struttura.

Essendo un microrganismo prettamente ambientale, è rilevabile anche in acque sotterranee e in acque potabili dove può essere riscontrato in concentrazioni ampiamente variabili. In particolare, è facilmente isolato in condizioni di stagnamento d'acqua ed è in grado di installarsi nelle cisterne, nei cassoni, nei rompigitto dei rubinetti e negli apparecchi per il trattamento domestico dell'acqua raggiungendo anche cariche batteriche elevate. Tuttavia, è anche vero che, come opportunista patogeno, non sembra possa rappresentare un rischio reale per la popolazione sana.

Studi effettuati anche in Italia hanno messo in evidenza la presenza del microrganismo, oltre che in acque superficiali, anche in acque potabili e in biofilm di impianti idrici domestici e comunitari. Nelle acque clorate ad uso ricreativo la presenza di *P. aeruginosa* è ampiamente documentata ed associata ad un aumentato rischio di contrarre infezioni dermatologiche, soprattutto follicoliti ed otite esterna.

P. aeruginosa può risiedere nella cavità nasofaringea e nel tratto digestivo inferiore, ma solo occasionalmente è associato a malattie; è conosciuto principalmente come patogeno

opportunista in pazienti immunocompromessi. D'altra parte, la sua caratteristica di essere multi-resistente agli antibiotici, fa di questo batterio un rischio per la salute soprattutto in ambienti ospedalieri dove può provocare infezioni delle vie urinarie, delle ustioni e delle ferite; può inoltre causare ulcere corneali e cheratiti, setticemie, gastroenteriti nei neonati, ascessi, broncopolmoniti e meningiti; come patogeno opportunista, è anche noto come agente responsabile di infezioni polmonari croniche nei pazienti affetti da fibrosi cistica tra i quali è la causa maggiore di morbidità e mortalità.

È un batterio ambientale che ha un'alta resistenza alla pulitura meccanica e alla pressione così come ai disinfettanti ed antibiotici; è più resistente di *Escherichia coli* alla disinfezione e, nelle acque disinfettate, è generalmente evidenziato quando la concentrazione di cloro residuo è inferiore a 1 mg/l. È quindi considerato un batterio resistente ai trattamenti chimici con cloro e derivati ed è utilizzato come indicatore della qualità microbiologica dell'acqua potabile a livello della rete di distribuzione e della qualità delle acque imbottigliate, nonché come indicatore dell'efficacia del trattamento di potabilizzazione.

Salmonella

Le salmonelle sono bacilli Gram-negativi, asporigeni, anaerobi facoltativi appartenenti alla famiglia delle Enterobacteriaceae. Fermentano il glucosio, producendo acido, riducono i nitrati e non producono citocromo-ossidasi. La maggior parte non fermenta il lattosio e, possedendo flagelli peritrichi, sono tutte mobili tranne *S. gallinarum-pullorum*.

I microrganismi appartenenti al genere *Salmonella* sono batteri ubiquitari di origine enterica. La loro classificazione, più volte rielaborata, deriva da quelle di Kauffmann-White e di Le Minor ed è soggetta ad aggiornamenti annuali.

Il genere, distinto in due sole specie, *S. enterica* e *S. bongori*, comprende sierotipi caratterizzati in base alla diversa composizione di antigeni somatici e flagellari e, in alcuni casi, è anche funzione di specifici caratteri biochimici. Della specie *enterica*, suddivisa in sei sottospecie, si conoscono più di 2400 sierotipi.

Le salmonelle rappresentano uno dei più comuni agenti eziologici di enteriti a trasmissione fecale-orale. In Italia, circa 20 decessi/anno sono associati a salmonellosi, generalmente segnalati in soggetti di età superiore ai 55 anni.

La gravità delle patologie è in relazione al sierotipo infettante, al numero di microrganismi ingeriti e a fattori di resistenza del soggetto.

Le infezioni provocate da *Salmonella* si distinguono in forme tifoidee (*S. typhi* e *S. paratyphi*, responsabili della febbre tifoide e delle febbri enteriche in genere), in cui l'uomo rappresenta l'unico serbatoio del microrganismo, e forme non tifoidee, causate dalle cosiddette salmonelle minori (come *S. typhimurium* e la *S. enteritidis*), responsabili di forme cliniche a prevalente manifestazione gastroenterica.

Le salmonelle non tifoidee, responsabili di oltre il 50% del totale delle infezioni gastrointestinali, sono una delle cause più frequenti di tossinfezioni alimentari nei Paesi industrializzati. Le infezioni da *Salmonella* spp. possono verificarsi nell'uomo e negli animali domestici (polli, maiali, bovini, roditori, cani, gatti, pulcini) e selvatici, compresi i rettili domestici (iguane, tartarughe d'acqua) e uccelli.

Nelle forme gastroenteriche non tifoidee la sintomatologia appare dalle 6 alle 72 ore successive l'ingestione di alimenti o acqua contaminati. Compare diarrea per 3-5 giorni accompagnata da febbre e dolore addominale. La forma tifoide si manifesta invece dopo un periodo di incubazione di circa 1-14 giorni con una media però di 3-5 giorni. La febbre tifoide è una patologia molto severa che in alcuni casi può portare anche al decesso.

L'ambiente rappresenta un serbatoio di *Salmonella*; la sua diffusione ambientale è conseguente a contaminazione di origine fecale e serbatoi d'infezione sono rappresentati da animali (avicoli, suini e animali da compagnia) e loro derivati (carne, uova e latte consumati crudi o non pastorizzati).

Nell'ambiente, nonostante condizioni di certo sfavorevoli, legate a fattori di variabilità climatica, di carenza di nutrienti e di competizione biologica, molti fattori giocano un ruolo non trascurabile per la sopravvivenza e la diffusione del microrganismo. *Salmonella* viene sempre rilevata nelle acque reflue e nei fanghi di depurazione e nessun corpo idrico superficiale, di acqua dolce o marina, è esente dalla sua presenza, come anche evidenziato da numerosi studi svolti in Italia. Nelle acque trattate e disinfettate la presenza di *Salmonella* è estremamente rara e comunque generalmente da associare a carenze dei processi di trattamento delle acque. La clorazione, infatti, è tuttora considerata un'efficace misura di prevenzione. Le salmonelle comunque, in condizioni ambientali favorevoli, possono sopravvivere per settimane in ambiente idrico e per mesi nel terreno.

Shigella

Shigella è un organismo Gram-negativo, non motile, non sporigeno a forma bastoncellare. Questi batteri, grazie a DNA extracromosomico, sono in grado di penetrare nelle cellule epiteliali. È un proteobatterio del gruppo γ ed appartiene alla famiglia delle Enterobacteriaceae, come *Escherichia* e *Salmonella*. Il genere comprende quattro specie – *S. dysenteriae*, *S. flexneri*, *S. boydii* e *S. sonnei* – o sottogruppi all'interno dei quali sono distinguibili 12, 11, 18 e 2 sierotipi e sottotipi, rispettivamente.

La shigellosi è considerata una patologia prevalentemente dell'area tropicale in quanto, pur essendo il bacillo cosmopolita, esistono aree geografiche particolarmente a rischio dove basso è il livello delle condizioni igienico-sanitarie. Come per quasi tutte le patologie tropicali, il contagio avviene per consumo di acqua e alimenti contaminati o portando alla bocca mani sporche; è possibile anche il contagio interumano attraverso pratiche sessuali oro-genitali.

Le shigelle sono patogeni intestinali per l'uomo e per gli altri primati e agenti eziologici della dissenteria bacillare. La dose minima infettante è bassa ed è pari a 10^1 - 10^2 organismi. I sintomi dell'infezione possono essere evidenti dopo circa 12-96 ore. Numerosi possono comunque essere i casi asintomatici. La malattia, che ha una durata di circa 4-7 giorni, si manifesta di solito con diarrea, nausea, crampi addominali e vomito. È in genere di limitata gravità (tranne nei soggetti anziani, nei defedati, negli immunocompromessi, nei malati di AIDS e nei bambini), ma la sintomatologia varia a seconda della specie infettante. Infatti, mentre per *S. sonnei*, la patologia si manifesta con una forma lieve autolimitante, con *S. dysenteriae* possono manifestarsi processi ulcerativi con conseguente diarrea emorragica e presenza eccessiva di neutrofili nelle feci.

L'isolamento di *Shigella* da acque superficiali e potabili non è frequente, come anche rilevato da studi svolti in Italia; i membri del gruppo non si riscontrano frequentemente né negli scarichi né in acque fecalizzate. Infatti, il microrganismo risulta essere sensibile alle condizioni ostili del mezzo acquoso, all'antagonismo di microrganismi interferenti e, soprattutto, presenta una particolare sensibilità ai trattamenti di disinfezione.

Vibrio

I vibroni, batteri Gram-negativi, ossidasi-positivi, asporigeni, motili, aerobi e anaerobi facoltativi, possono manifestare uno spiccato polimorfismo, ma sono generalmente bastoncelli di 2-3 μm di lunghezza e 0,6 μm di larghezza. All'osservazione al microscopio il vibrione del

colera presenta una tipica forma a virgola; a volte due o più cellule si possono osservare unite con le curve disposte in senso opposto, così da assumere una conformazione a S, oppure possono essere riunite in catena con aspetto ad elica.

I microrganismi appartenenti al genere *Vibrio* sono ampiamente distribuiti nell'ambiente acquatico dove la loro presenza è comunque difficilmente correlabile a quella degli indicatori di contaminazione fecale. Infatti, come osservato anche in alcuni studi svolti in Italia, a differenza della maggior parte dei patogeni enterici, che vengono immessi nell'ambiente idrico attraverso gli scarichi, vibrioni possono essere isolati, oltre che da acque reflue, acque marine ed estuariali, anche da acque dolci superficiali non contaminate da scarichi fecali. Aumenti della loro rilevabilità nell'ambiente sono legati a variazioni delle condizioni climatiche e le epidemie di colera in Asia sono state spesso associate a inondazioni stagionali.

I vibrioni, che maggiormente interessano la patologia umana sono rappresentati essenzialmente dalla specie *Vibrio cholerae*, agente eziologico del colera, malattia caratterizzata nell'uomo da una gastroenterite acuta.

Altri microrganismi appartenenti al genere, quali *Vibrio parahaemolyticus*, *V. vulnificus*, *V. alginolyticus*, fanno parte del gruppo dei vibrioni alofili.

Le acque superficiali (acque marine, estuari, acquitrini e lagune) sono il loro habitat naturale e fattori stagionali e climatici ne influenzano la moltiplicazione e la sopravvivenza che vede anche il susseguirsi di varie fasi di vitalità, compresa quella di VNC, in funzione delle condizioni ambientali. Essi possono rappresentare un rischio prevalentemente per soggetti immunodepressi con manifestazioni diarroiche, infezioni cutanee, otiti e forme setticemiche. In alcuni casi, le caratteristiche di virulenza manifestate da questi batteri possono essere legate alla produzione di strati polisaccaridici che svolgono funzioni di protezione dagli agenti esterni e da fenomeni di fagocitosi svolgendo funzioni di riserva di nutrienti e favorendo l'aggregazione cellulare. È ipotizzabile che il rischio potenziale associato alla presenza di queste specie in acque superficiali può aumentare in relazione ai cambiamenti climatici, al riscaldamento globale ed a un aumentato numero di emergenze ambientali.

Acqua ed alimenti (prevalentemente crostacei e molluschi) sono generalmente implicati nella trasmissione delle infezioni causate dai vibrioni; il colera in particolare è notoriamente associato al consumo di frutti di mare crudi. Della specie *V. cholerae* sono stati individuati più di 130 sierogruppi e prima del 1992 solo il sierogruppo O1 era stato associato ad epidemie e a casi di colera. Dal 1993 anche biotipi O139/non-O1, rilevabili frequentemente nell'ambiente acquatico, sono stati segnalati come responsabili di patologie simil-coliche, di manifestazioni cliniche riconducibili ad infezioni localizzate nei tessuti molli e nelle mucose e ad infezioni sistemiche.

Vibrio cholerae non è emolitico, tranne gli stipiti El Tor che producono una emolisina solubile. Non resiste né al calore – viene, infatti, ucciso in 15 ÷ 20 minuti a 55 °C – né agli altri agenti fisici ed ai comuni disinfettanti. È molto sensibile agli acidi dai quali viene distrutto rapidamente, ma resistente a condizioni alcaline. Il biotipo El Tor presenta una maggiore resistenza agli agenti fisici e chimici ed è in grado di permanere più a lungo a livello dell'intestino dei soggetti infettati, che divengono veri e propri portatori sani.

In condizioni sperimentali la resistenza dei vibrioni in ambiente idrico oscilla da un giorno ad un anno; hanno, infatti, una elevata adattabilità alle variazioni climatiche, anche per fenomeni di adesione a superfici, e, grazie a modificazioni genotipiche e fenotipiche, riescono a sopravvivere a lungo nell'ambiente. In condizioni ambientali ostili tendono ad assumere dimensioni ridotte, ovvero, pur restando metabolicamente attivi, possono perdere la capacità di moltiplicarsi tendendo quindi a rimanere vitali ma diventando non coltivabili (VNC).

La presenza di microrganismi appartenenti al genere *Vibrio* nelle acque potabili è rara; è comunque generalmente segnalata in zone dove la malattia è endemica. La clorazione delle acque è tuttora considerata una efficace misura di prevenzione per il controllo del colera.

Tuttavia è stato osservato che fenotipi rugosi sono in grado di sopravvivere in presenza di 2 mg/L di cloro residuo libero con un tempo di contatto pari a 30 minuti.

Yersinia

Il genere *Yersinia* è classificato nella famiglia delle Enterobacteriaceae. È un bacillo Gram-negativo, motile a 25 °C ma non a 37 °C. Accanto alle 3 specie storiche – *Y. pestis*, *Y. pseudotuberculosis*, *Y. enterocolitica* – sono oggi descritte altre 8 specie che evidenziano profili biochimico-enzimatici tali da discostarsi dalla specie *enterocolitica* e proporsi, prima come ceppi “enterocolitica-like”, poi come specie a sé stanti.

I principali serbatoi di diffusione di *Yersinia* spp. sono animali selvatici e domestici. Mentre *Y. pestis* è l’agente eziologico della peste bubbonica, trasmesso attraverso roditori e mosche, il maggiore veicolo di diffusione di *Y. enterocolitica* patogeni sono i maiali, e roditori e piccoli animali lo sono di *Y. pseudotuberculosis*. *Y. enterocolitica* patogeni sono stati rilevati nei reflui e in acque superficiali. Al momento, sembra che nelle acque potabili prevalgano ceppi non patogeni di origine ambientale.

Y. enterocolitica è un enteropatogeno per l’uomo e per gli animali, dotato di spiccata attitudine invasiva, che si trasmette attraverso la via fecale – orale, per contatto diretto da persona a persona e per ingestione di acqua e alimenti contaminati. I sintomi sono rappresentati da enterocolite acuta, con diarrea acquosa ed emorragica, che spesso evolve, nei bambini oltre i 5 anni e negli adulti, in un quadro clinico di pseudoappendicite con segni di ileite terminale e linfadenite mesenterica.

Sebbene nelle acque potabili siano stati rilevati ceppi di *Yersinia* non patogeni, è stato dimostrato che le acque non trattate da destinare al consumo umano possano comunque rappresentare un via di trasmissione dell’infezione.

Alcuni ceppi e specie di *Yersinia* sono in grado di replicarsi nell’ambiente anche a temperature al di sotto di 4 °C; sono comunque sensibili ai trattamenti di potabilizzazione, disinfezione compresa.

Protozoi

I protozoi sono organismi unicellulari che possono essere comunemente considerati come la più semplice forma di vita animale. Le patologie ascrivibili a questi patogeni portano ad una significativa morbosità nell’uomo e a costi economici elevati per la comunità.

Le forme infettanti di alcuni protozoi sono escrete con le feci; possono contaminare le risorse idriche impiegate a scopi potabili e l’acqua può quindi rappresentare una via di trasmissione di malattie causate da diversi protozoi.

Amebe a vita libera

Le amebe a vita libera hanno diffusione cosmopolita e sono presenti in tutte le matrici ambientali. In particolare, anche se in realtà è *Acanthamoeba* spp. il protozoo più frequentemente riscontrato nell’ambiente, amebe ambientali sono state isolate da suoli, sedimenti, polveri, aria, acque reflue, dolci, termali, minerali, trattate e sottoposte a trattamenti di disinfezione (acque potabili e di piscina) e in biofilm. La loro distribuzione e biodiversità nell’ambiente sono fortemente influenzate da temperatura, umidità, pH, salinità, disponibilità di nutrienti e appare chiara l’esistenza di un andamento stagionale della loro abbondanza.

nell'ambiente. In condizioni ambientali ostili le amebe producono cisti che esistono solo in condizioni favorevoli liberando trofozoiti. Sopravvivenza e moltiplicazione sono anche condizionate dalla presenza e dalla densità della flora microbica associata.

Delle numerose specie di amebe a vita libera, diverse sono state segnalate in ambienti particolari: torri di raffreddamento, impianti di climatizzazione, deumidificatori, unità di dialisi, unità dentistiche, apparecchi per il trattamento domestico dell'acqua e su lenti a contatto. Studi svolti in Italia hanno messo in evidenza la presenza di amebe a vita libera in acque e biofilm di impianti idrici domestici e comunitari.

Le amebe a vita libera, presentano almeno due stadi di sviluppo: il trofozoite in forma amebica e la cisti. Il trofozoite, forma metabolicamente attiva, si divide per scissione binaria e si nutre di microrganismi, oltre che di alghe e flagellati che, in alcuni casi, riescono a sopravvivere nei fagolisosomi. La struttura delle cisti giustifica la loro elevata resistenza ai biocidi più comunemente usati, ai raggi ultravioletti e alle temperature estreme. Le dimensioni delle cisti sono variabili in relazione alle diverse specie. La loro classificazione tassonomica si basa, generalmente, su osservazioni strutturali delle forme trofozoarie e delle cisti, anche se la variabilità dei parametri morfologici rende l'identificazione assai complessa e, più facilmente, eseguita tramite osservazioni biochimiche e molecolari.

Le patologie correlate alla presenza di amebe anfizoiche sono principalmente associate ai generi *Naegleria*, *Acanthamoeba* e *Balamuthia*, mentre *Sappinia diploidea*, agente eziologico di encefaliti, sembra essere meno virulenta. La dose infettante non è nota anche se è ipotizzabile sia bassa. Individuate nell'uomo e in animali a sangue caldo e freddo, in soggetti malati sono state isolate da ferite, dalla cornea, dai polmoni e dal sistema nervoso centrale, anche se la loro presenza è stata dimostrata anche in individui sani.

Tra gli organismi colonizzatori dei biofilm, le amebe assumono un particolare significato sanitario. Infatti, la loro presenza rappresenta un elemento favorevole per l'instaurarsi di condizioni idonee alla sopravvivenza e alla moltiplicazione della flora batterica presente nella struttura del biofilm. Inoltre, è ormai riconosciuta l'importanza delle amebe come agenti che amplificano la capacità di resistenza di microrganismi autoctoni e patogeni ai trattamenti di disinfezione delle acque. Il caso più documentato è quello riguardante *Legionella* che sembra sia costantemente associata ad amebe. Questo fenomeno sembrerebbe giustificare le difficoltà che si incontrano nel tentativo di eliminare *Legionella* dagli impianti di distribuzione dell'acqua potabile da essa colonizzati.

Blastocystis hominis

Per *Blastocystis hominis*, ameba "atipica", il ruolo come patogeno è ancora controverso, anche considerando che la dose infettiva sembra possa essere alta. Infatti, se in talune circostanze è stata ritenuta responsabile di un quadro infettivo enterico, più spesso questa ameba è stata interpretata come protozoo saprofita. Sembra si possa comportare quindi da opportunisto patogeno (anche se alcuni la considerino solo un saprofita) e solitamente è rinvenibile associata ad altri parassiti anche patogeni o, se osservata da sola, è stato ipotizzato possa essere l'espressione di una pregressa diversificata patologia in sede intestinale. È quindi verosimile ipotizzare *B. hominis* come colonizzante preferito di un intestino già affetto da altre patologie, più o meno specifiche, sia infettive che non.

Sulla base di quanto emerso dagli studi epidemiologici, diverse potrebbero essere le vie di trasmissione del parassita che, comunque, può essere presente anche in soggetti asintomatici: per contatto diretto da uomo a uomo, attraverso alimenti o acqua contaminata. Sembra evidente che *Blastocystis* sia più frequentemente riscontrata in soggetti residenti in aree dove le condizioni igieniche e l'igiene personale sono carenti.

I rari casi segnalati in Italia sembrano spesso di importazione da aree endemiche: in soggetti immigrati (soprattutto da Paesi africani e del centro e sud America), oppure in viaggiatori (per turismo, lavoro, volontariato) al rientro da aree ad alta endemia, od infine in bambini adottati, sia provenienti dai più tradizionali Paesi cosiddetti in via di sviluppo, sia provenienti da Paesi extracomunitari dell'Est Europa, ovvero in bambini sovente istituzionalizzati in specifiche strutture di accoglienza. Inoltre, alcuni casi sono stati registrati in pazienti immunocompromessi.

La presenza del parassita nelle acque in Italia non viene determinata di routine e sembra improbabile che possa esistere una correlazione diretta tra il parassita e gli indicatori di contaminazione fecale, quali *Escherichia coli* ed enterococchi. Infatti, sembra il protozoo si possa ritrovare esclusivamente nell'ambiente sotto forma di cisti resistenti ai fattori ambientali ostili e anche ai trattamenti di depurazione delle acque, disinfezione compresa.

Cryptosporidium

È un protozoo intracellulare di piccole dimensioni (4-6 µm di diametro); phylum Apicomplexa; sottoclasse Coccidia. I criptosporidi causano un'infezione parassitaria di importanza sia medica che veterinaria che colpisce le cellule epiteliali del tratto gastrointestinale, l'epitelio dei condotti biliari e del tratto respiratorio sia dell'uomo sia di oltre 45 specie di vertebrati, tra cui galline e altri volatili, pesci, rettili, piccoli mammiferi (roditori, gatti, cani) e grandi mammiferi (in particolare bovini ed ovini).

Al momento, le specie note sono 20, *Cryptosporidium parvum* è la principale specie patogena per l'uomo, mentre *C. felis*, *C. muris* e *C. meleagridis* possono causare malattia soprattutto in pazienti immunocompromessi.

La trasmissione è interumana o da animali infetti che eliminano grandi quantità di oocisti con le feci. Diffusa è la contaminazione di alimenti e l'acqua potabile è stata segnalata tra i maggiori veicoli di trasmissione della patologia. Casi ed epidemie di criptosporidiosi, descritti, in anni recenti, negli Stati Uniti e nel Regno Unito, sono stati spesso associati a contaminazione delle reti di distribuzione dell'acqua, a carenze nei processi di potabilizzazione, e a consumo di acqua superficiale e profonda contaminata e non trattata.

L'infezione è diffusa in tutto il mondo. Oocisti di *Cryptosporidium* sono state individuate in feci umane provenienti da 50 Paesi diversi presenti nei sei continenti. Nei soggetti sottoposti ad esame parassitologico delle feci che vivono nei Paesi occidentali è stata osservata una prevalenza dell'infezione variante tra l'1% e il 4,5%. Nei Paesi in via di sviluppo la prevalenza si aggira su valori tra il 3% e il 20%.

Il sintomo principale nell'uomo è rappresentato da diarrea profusa ed acquosa preceduta, nei bambini, da anoressia e vomito. Il periodo di incubazione è di 7-10 gg. La diarrea è associata spesso a dolori addominali. Meno frequentemente sono presenti sintomi di malessere generale, febbre, anoressia e vomito. Le infezioni asintomatiche sono piuttosto comuni e costituiscono una potenziale fonte di contagio. I sintomi sono variabili in funzione del livello immunitario basale e nella maggior parte dei soggetti immunocompetenti si risolvono entro 30 giorni, mentre nell'immunocompromesso, la malattia è potenzialmente mortale. Secondo alcuni studi, la criptosporidiosi è responsabile fino al 6% dei casi di diarrea nell'immunocompetente e fino al 24 % dei casi di diarrea in corso di AIDS. Qualora vi sia interessamento delle vie biliari si possono presentare sintomi di colecistite. Si possono riscontrare anche colangite, epatite, pancreatite e malattia o colonizzazione respiratoria.

Le oocisti sono presenti nel 65-97% delle acque superficiali, in laghi, fiumi e piscine; in ambiente umido possono rimanere infettive per 2-6 mesi. In Italia, il parassita è stato rilevato, a concentrazioni variabili, in acque superficiali, reflue, anche trattate, e di piscina.

È nota la resistenza delle oocisti agli stress ambientali e ai trattamenti chimico-fisici comunemente attuati nei processi di potabilizzazione che non riescono quindi a garantire la rimozione dei parassiti da acque contaminate se non con sistemi multibarriera.

Cyclospora

Cyclospora cayetanensis è un protozoo parassita classificato nel phylum Apicomplexa. Le cisti di *C. cayetanensis* hanno una forma sferica con un diametro tra i 7,5 ed i 10 μm ed una parete di uno spessore di 50 nm. I microrganismi hanno un ciclo di vita intracellulare obbligato all'interno dell'epitelio gastrointestinale dove possono riprodursi sia le forme asessuate sia le sessuate.

L'uomo è l'unico ospite conosciuto. L'infezione ha inizio con l'ingestione delle oocisti attraverso alimenti o acqua contaminata; una volta raggiunto l'intestino ed in presenza di bile, l'oocista excista e rilascia sporozoiti infettanti.

Il periodo di incubazione varia da una a diverse settimane e possono verificarsi infezioni asintomatiche; la trasmissione interumana sembra poco probabile. La sintomatologia può variare significativamente in funzione dell'età e della condizione dell'ospite; mentre la dose infettiva che dà origine alla malattia non è nota. La malattia si manifesta con diarrea acquosa, perdita di appetito, perdita di peso, crampi addominali, flatulenza, nausea, fatica e febbre.

La biologia e l'epidemiologia di *C. cayetanensis* non sono ancora ben individuate; il primo caso di malattia nell'uomo è stato riportato in letteratura nel 1979.

Cyclospora è in grado di persistere sia in acqua sia in alimenti ed il consumo di alimenti contaminati è alla base dei 90% dei casi riscontrati negli USA.

Le oocisti di *Cyclospora* sono resistenti al cloro e alla maggior parte degli disinfettanti chimici. Per garantire la rimozione dei parassiti da acque contaminate è necessario fare ricorso a sistemi multibarriera.

Entamoeba histolytica

Le cisti di *E. histolytica*, protozoo parassita, sono sferiche, hanno un diametro 11-17 μm , e contengono 4 nuclei, quando mature. Mantengono a lungo il potere infettante e resistono alla disinfezione delle acque. Se ingerite attraverso alimenti o acqua contaminata da feci umane, rilasciano nell'intestino diverse piccole amebe (forma minuta, non invasiva) che si localizzano nel colon, sulla superficie della mucosa, vivendo come commensali, senza causare danno all'ospite. Le amebe si moltiplicano nell'intestino per scissione binaria; durante il passaggio dal segmento destro a quello sinistro del colon si circondano di una parete resistente all'essiccamento, trasformandosi in cisti (le uniche forme infettanti) che vengono quindi eliminate con le feci solide di soggetti asintomatici. Solo un'infezione su cinque provoca dissenteria amebica (diarrea, febbre con dolori addominali e sangue e muco nelle feci), in relazione a condizioni che riducono le difese dell'ospite (altre infezioni o infestazioni intestinali intercorrenti, malnutrizione, immunodepressione, ecc.). In questo caso il trofozoite assume dimensioni maggiori (forma magna, invasiva), diventa molto mobile grazie all'emissione di pseudopodi, danneggia la mucosa per mezzo di enzimi citolitici determinando la formazione di ulcere "a bottone di camicia", comincia a nutrirsi di globuli rossi (visibili nel citoplasma) e può invadere diversi tessuti.

Le modalità d'infezione più comuni comprendono l'ingestione di alimenti, verdure e bevande contaminati con cisti di *E. histolytica* provenienti da feci umane e contatti fecali-oralì diretti, ma i focolai di *E. histolytica* vengono raramente notificati.

I portatori di cisti costituiscono il principale serbatoio infettivo. Generalmente, il periodo d'incubazione è di due-quattro settimane ma può anche protrarsi per mesi o anni. Circa il 10% degli infetti manifesta sintomi clinici. La maggior parte (80-98%) sviluppa colite amebica, con diarrea e dolori addominali, il rimanente 2-20% presenta coinvolgimenti extra-intestinali, comunemente ascessi al fegato. Si stima che i tassi di letalità in presenza di ascessi epatici siano compresi tra lo 0,2% e il 2% negli adulti e siano superiori al 26% nei bambini.

Il parassita è diffuso in tutto il mondo ed è abitualmente segnalato in aree in cui le condizioni igieniche sono precarie. Si stima che il 12% della popolazione mondiale ne sia infettata. La prevalenza dell'infezione è variabile: 1% nei Paesi industrializzati, tra il 50 e l'80% nei Paesi tropicali, dove l'acqua è il veicolo di trasmissione più diffuso. L'amebiasi è raramente registrata in Europa occidentale ed è presente nel sistema di notifica obbligatoria di solo sei Paesi.

L'Italia è stata, fino a pochi decenni fa, area endemica per diversi parassiti, tra cui *Entamoeba histolytica*. Negli ultimi decenni, il miglioramento del tenore di vita e delle condizioni igieniche della popolazione hanno portato ad un notevole decremento delle malattie parassitarie endemiche in Italia. Tuttavia, negli anni più recenti, il problema delle parassitosi sta riemergendo, o emergendo (anche sotto forma di nuove patologie finora sconosciute nei nostri climi), in seguito ai massicci flussi migratori che interessano il Paese.

Nei Paesi dove l'infezione è endemica, la patologia si presenta in modo sporadico, più che epidemico, dal momento che, per lo scarso numero di cisti eliminate abitualmente dal portatore, sarebbe necessaria una contaminazione fecale massiva dell'acqua per dar origine ad epidemie.

Le cisti possono rimanere vitali nell'ambiente anche per mesi in condizioni di temperatura e umidità ottimali, ma sono uccise dall'essiccamento e da temperature superiori a 68 °C. Con i trattamenti di depurazione delle acque possono essere eliminate con l'iperclorazione e con sistemi multibarriera.

Giardia intestinalis

Giardia intestinalis (o *lamblia* o *duodenalis*) è un protozoo flagellato, riconosciuto come patogeno per l'uomo dalla metà degli anni '60. Ha un ciclo monoxeno che comprende lo stadio di trofozoite (fase attiva e riproduttiva) e quello di cisti (forma di resistenza all'ambiente esterno responsabile del propagarsi dell'infezione).

Le cisti, rilevabili nell'ambiente, possono contaminare le acque e i vegetali, e una volta ingerite e raggiunto l'intestino si aprono e si dividono in due trofozoiti che aderiscono alle cellule della mucosa del duodeno, del digiuno e alla parte alta dell'ileo, continuando a dividersi. Successivamente si trasformano in cisti, circondate da una robusta parete, e vengono espulse con le feci.

La giardiasi è una patologia cosmopolita, ma è più diffusa nelle aree a clima caldo con una prevalenza molto variabile, che può raggiungere anche il 70% della popolazione umana in alcune zone e durante le epidemie. La malattia colpisce prevalentemente i bambini da 1 a 4 anni di età e i giovani dai 20 ai 40 anni. Nei Paesi in via di sviluppo la prevalenza nei pazienti che presentano diarrea è del 20%, mentre nei Paesi industrializzati è variabile dal 3% al 7%. Il parassita è tra i responsabili della "diarrea del viaggiatore".

Le più comuni manifestazioni della malattia sono diarrea e crampi addominali, ma possono presentarsi anche nausea, vomito, affaticamento, malessere e malassorbimento. L'incubazione dura almeno 7 giorni e, nella maggior parte dei casi, l'infezione si protrae per 2-6 settimane, anche se in alcuni soggetti possono presentarsi episodi ricorrenti, o comunque problemi intestinali, per diversi anni. Nella maggior parte dei soggetti, la malattia è autolimitante e si manifesta prevalentemente nei bambini (che si ammalano 3 volte più degli adulti).

In Italia è presente in almeno il 3% della popolazione affetta da enteriti.

Indagini svolte in Italia hanno evidenziato che *Giardia* è presente, a concentrazioni variabili, in acque superficiali, reflue e trattate, su vegetali irrigati con acque reflue e di pozzo e viene riscontrata più frequentemente, e in densità maggiori, rispetto a *Cryptosporidium*.

Le cisti di *Giardia* sono resistenti al cloro e alla maggior parte degli agenti disinfettanti. Per garantire la rimozione dei parassiti da acque contaminate è necessario fare ricorso a sistemi multibarriera.

Virus

L'elevata incidenza delle infezioni virali diffuse attraverso l'acqua è dovuta alle caratteristiche dell'infezione che provoca l'escrezione di grandi quantità di particelle virali da parte dei soggetti infetti; a questo si aggiungono la bassa carica infettante e la resistenza tipica dei virus alle condizioni ambientali avverse e ai trattamenti di potabilizzazione, sia chimici sia fisici.

L'impatto delle infezioni virali viene ulteriormente aggravato dalla presenza di vie di trasmissione secondaria e terziaria, diverse dall'acqua che rappresenta una delle vie principali di diffusione dell'infezione. Inoltre, gli studi epidemiologici sulle infezioni virali sono complicati dalla presenza di soggetti infettati asintomatici, particolarmente i bambini, che eliminano virus come i soggetti sintomatici.

I virus che sono in grado di moltiplicarsi nel tratto gastrointestinale dell'uomo o degli animali sono comunemente conosciuti come "virus enterici". Tra questi sono stati descritti più di 140 differenti tipi sierologici e molti sono stati associati ad epidemie trasmesse attraverso l'acqua.

I virus enterici responsabili di epidemie di origine idrica comprendono gli adenovirus, gli enterovirus, i virus dell'epatite A e dell'epatite E, i norovirus, e i rotavirus. Sono RNA- o DNAvirus e la loro grandezza oscilla tra 20 e 100 nm.

La panoramica delle specie virali che possono essere riscontrate nell'ambiente è ampia e, nonostante tutto, sicuramente incompleta. Non sono normali costituenti della flora intestinale; sono esclusivamente patogeni e vengono pertanto eliminati solo da soggetti infetti. È quindi ovvio che, nonostante nelle feci delle persone infette raggiungano anche concentrazioni di 10^{11} pfu/g, nei liquami e nelle acque essi siano in densità inferiori ai batteri che normalmente vengono utilizzati come indici di contaminazione fecale che non sono quindi in grado di segnalarne la presenza anche perché più sensibili ai fattori ambientali ostili e ai trattamenti a cui vengono sottoposte le acque.

Adenovirus

Patogeni emergenti, appartengono alla famiglia Adenoviridae e comprendono 4 diversi generi e 51 sierotipi noti come adenovirus umani divisi in sei gruppi (A-F) sulla base delle loro caratteristiche biologiche, fisico e chimiche. Sono virus a DNA, di dimensioni 75-100 nm con simmetria icosaedrica (252 capsomeri), privi di involucro pericapsidico; esoni, pentoni e fibre rappresentano i tre antigeni principali; molto resistenti ad agenti fisici e chimici, resistono a lungo nell'ambiente.

Gli adenovirus umani sono associati ad un ampio spettro di condizioni cliniche che comprendono patologie dell'apparato respiratorio (malattia acuta respiratoria epidemica, faringite acuta febbrile, faringo-congiuntivite febbrile, polmonite atipica virale, tracheo-bronchite acuta); patologie oculari (congiuntivite follicolare, cheratocongiuntivite epidemica);

patologie gastroenteriche (gastroenteriti sporadiche ed epidemiche); altre patologie (febbre esantematica, complicanze encefaliche, meningitiche, miocarditiche, pericarditiche, renali ed infezioni delle vie urinarie).

La trasmissione dei virus può avvenire attraverso diverse vie: fecale-orale, respiratoria (inalazione di aerosol), e per contatto diretto. Numerosi dati bibliografici testimoniano il rilevamento di adenovirus in diversi ambienti idrici, dalle acque reflue, alle acque destinate ad uso ricreativo (fiume, mare, laghi, piscine) e persino in acque destinate alla potabilizzazione.

In Italia, esistono scarse informazioni sulla epidemiologia delle infezioni da adenovirus e sulla distribuzione dei sierotipi circolanti nell'uomo, nei pazienti immunocompromessi e nell'ambiente.

Molto resistenti nell'ambiente ed ai comuni trattamenti di disinfezione, sembrano candidati al ruolo di indicatore virale di inquinamento fecale.

Astrovirus

Identificati per la prima volta nel 1975, sono piccoli virus ad RNA a simmetria icosaedrica, il cui nome è riconducibile alla caratteristica forma stellata che alcune particelle virali possiedono quando osservate al microscopio elettronico. Il genere *Astrovirus*, incluso nella famiglia *Astroviridae*, comprende 14 differenti specie, 8 delle quali sono responsabili della comparsa di malattia nell'uomo.

La trasmissione avviene prevalentemente per via fecale-orale e il veicolo più comune di diffusione è quello da persona a persona, anche se la presenza di *Astrovirus* è stata confermata anche in acque potabili trattate.

I virus causano gastroenteriti autolimitanti che si manifestano principalmente in bambini di età inferiore ai 5 anni. Il periodo di incubazione della malattia è solitamente breve (24-72 ore). La malattia esordisce rapidamente ed è caratterizzata da diarrea acquosa della durata di 2-3 giorni sebbene in alcuni casi la sintomatologia può durare anche per 7-14 giorni. Altre manifestazioni cliniche associate sono febbre, nausea, vomito e cefalea. Nei soggetti immunodepressi o con patologie pregresse a carico dell'apparato digerente, la malattia è più severa ed i sintomi si protraggono più a lungo. In talune circostanze la gastroenterite da *Astrovirus* è associata ad infezioni miste a carico di altri patogeni; non è ancora chiaro il reale significato clinico di tale evenienza in quanto solo raramente essa si accompagna all'intensificarsi del quadro sintomatologico.

I sierotipi 1, 3 e 5 sono i più comuni nel mondo. Nelle regioni temperate sono presenti picchi epidemici nei mesi invernali, mentre nella fascia equatoriale si presentano nella stagione delle piogge. In uno studio condotto in Italia è stato riportato che l'incidenza degli *Astrovirus* nelle diarree nosocomiali era del 5% in bambini di età compresa fra 0 e 4 anni e che la frequenza era maggiore nei soggetti al di sotto di un anno di età.

Le particelle virali resistono al trattamento con acidi (pH 3), al cloroformio e ad alcuni alcoli, mentre vengono distrutte dall'esposizione a temperature di 60 °C per 10 minuti e a ripetuti scongelamenti. A causa della maggiore resistenza dei virus ai normali trattamenti a cui viene sottoposta l'acqua, i batteri indicatori di contaminazione fecale non sono in grado di segnalare la loro presenza nell'acqua.

Norovirus

I norovirus (conosciuti precedentemente anche come Norwalk-like virus o Calicivirus o piccoli virus strutturati rotondi) sono virus a singolo filamento di RNA, delle dimensioni di

27-40 nm, e rappresentano uno tra gli agenti più comuni di AGI di origine non batterica. Sono classificati in cinque diversi genogruppi, denominati da GI a GV, sulla base di analisi filogenetiche; i genogruppi sono ulteriormente suddivisi in 29 cluster genetici a loro volta comprendenti diversi tipi. La trasmissione dei norovirus può avvenire per consumo di alimenti (compresi verdure e frutti di mare) e acqua contaminati, per contatto persona-persona o contatto diretto con superfici contaminate e per inalazione di aerosol. Le particelle virali, essendo acido-stabili, superano la barriera gastrica e raggiungono il piccolo intestino, dove si replicano.

I norovirus sono considerati attualmente patogeni emergenti data la loro grande diffusione in diverse tipologie di ambienti, la capacità di dare luogo ad infezioni clinicamente rilevanti in tutti i gruppi di età e di trasmettersi con diverse modalità, così come l'elevata diversità genetica e la capacità di sviluppare nell'uomo una immunità di tipo breve.

Il virus è altamente infettivo e la dose infettante è di 10 particelle virali. Le infezioni causate da norovirus si manifestano soprattutto in contesti comunitari, negli ospedali, nelle case di riposo, nelle scuole o, tipicamente, in ambienti confinati, come, per esempio, navi da trasporto merci e da crociera. Norovirus associati a malattie trasmesse dall'acqua sono stati rilevati in cisterne, sistemi idrici industriali, piscine a acqua potabile contaminati.

Il serbatoio principale è l'uomo, ma virus molto simili ai norovirus sono stati identificati in suini e bovini, il che fa supporre la possibilità di trasmissione nell'ambiente anche attraverso contaminazione delle acque con reflui zootecnici.

L'infezione ha un periodo di incubazione di 12-48 ore e si risolve entro 12-60 ore. I sintomi sono quelli comuni alle gastroenteriti, e cioè nausea, vomito, soprattutto nei bambini, diarrea acquosa e crampi addominali.

In qualche caso si manifesta anche febbre; la disidratazione può rappresentare una complicazione più seria per i bambini, gli anziani ed i soggetti con precario equilibrio metabolico o cardiocircolatorio.

Poiché elevata è la loro persistenza nell'ambiente e la loro capacità di resistere ai trattamenti dell'acqua, è necessario applicare rigorose misure sanitarie per prevenire e contenere la loro diffusione.

Enterovirus

Il genere Enterovirus fa parte della famiglia Picornaviridae e comprende 69 sierotipi (specie) che infettano l'uomo. Gli enterovirus devono il loro nome alla particolare tendenza a localizzarsi nell'intestino; molti di essi tuttavia dimostrano uno spiccato tropismo per vari distretti dell'organismo come il sistema nervoso centrale, il fegato, il cuore.

Gli enterovirus sono ubiquitari anche se la loro circolazione è prevalentemente favorita da scadenti condizioni igieniche e socio-sanitarie. Causano una grande varietà di malattie, alcune delle quali particolarmente gravi, come poliomieliti, epatiti, miocarditi, meningiti. Una larga parte delle infezioni da enterovirus decorre tuttavia in modo asintomatico, soprattutto nei bambini, e questo favorisce la diffusione ambientale di questi agenti etiologici rendendo difficile il controllo ed impossibile l'eradicazione delle infezioni.

Gli enterovirus sono stati rilevati in concentrazioni significative anche in acque da destinare al consumo umano e potabilizzate, oltre che in acque superficiali dolci e marine.

Per la loro capacità di sopravvivere nell'ambiente e di resistere ai trattamenti a cui viene sottoposta l'acqua, è necessario applicare rigorose misure sanitarie per prevenire e controllare la loro diffusione.

Virus dell'epatite A

L'epatite causata da virus A (HAV) è una malattia antichissima, descritta sin dai tempi di Ippocrate; tuttavia solo nel 1973 è stato possibile individuare al microscopio elettronico, nelle feci di volontari infetti, particelle virali di 27 nm.

Il virus A è stato allora classificato come Enterovirus 72 e, come tutti gli altri enterovirus, è costituito da un singolo filamento di RNA protetto da un rivestimento proteico, il capside, costituito da quattro principali polipeptidi, Vp1, Vp2, Vp3, Vp4.

Il capside è icosaedrico, a simmetria cubica, formato da 32 subunità o capsomeri. Attualmente i dati in letteratura riguardanti l'isolamento del virus A dall'ambiente idrico non sono molti perché sussistono difficoltà tecniche per il suo rilevamento. È comunque riconosciuto che la presenza del virus in acque superficiali è uno dei più gravi problemi di sanità pubblica ove vi sia la possibilità di utilizzo di tali acque a scopo potabile o per l'irrigazione di colture di ortaggi o, come nel caso delle acque di mare, per l'allevamento di molluschi eduli.

L'epatite A è un'infezione endemica in tutto il mondo, con manifestazioni epidemiche soprattutto dove le condizioni igienico-sanitarie sono carenti. È il più comune tipo di epatite riportato in Italia dove la malattia è endemica soprattutto nelle regioni meridionali in associazione a particolari abitudini alimentari e stili di vita.

Ha un periodo di incubazione di 15-30 giorni e la malattia acuta è caratterizzata da ittero. Tuttavia l'infezione decorre asintomatica nel maggior numero dei casi, in particolar modo nei bambini, risultando così favorito il contagio interumano; infatti anche in caso di decorso asintomatico o subclinico gli individui infetti eliminano il virus con le feci, contribuendo alla sua circolazione ambientale. A livello epatico, l'epatite A determina un'incapacità del fegato di eliminare la bilirubina nel sangue determinando così la formazione di ittero ed urine scure.

Dopo un periodo relativamente lungo di incubazione (mediamente 28-30 giorni), la malattia si manifesta in modo improvviso e caratteristico, con sintomi di febbre, nausea, dolore addominale e ittero. Anche se la mortalità è generalmente meno dell'1%, la riparazione dei danni al fegato è un processo lento che può mantenere i pazienti inabilitanti per 6 settimane o più lungamente. Esiste un vaccino costituito da virus inattivato che determina una protezione già dopo 14-21 giorni dalla somministrazione di una singola dose. Una dose di richiamo somministrata dopo 6-12 mesi conferisce una protezione per oltre 10 anni.

Il virus è stabile a pH acido ed è resistente all'etere, caratteristica comune a tutti gli enterovirus, e alla temperatura (alcune ore a 60 °C). Il riscaldamento a 100 °C lo inattiva in 5 minuti, il freddo invece favorisce il mantenimento dell'infettività; infatti, a +4 °C il virus rimane inalterato per mesi, soprattutto in presenza di materiale organico. Anche nei riguardi del cloro il virus dell'epatite A dimostra un comportamento diverso da quello degli altri enterovirus. Data la rilevanza del rischio di trasmissibilità attraverso l'acqua potabile, diversi studi hanno cercato di determinare in modo accurato la resistenza del virus all'azione disinfettante del cloro utilizzando ceppi diversi del virus e differenti metodiche. È stato messo quindi in evidenza che a concentrazioni pari a 2,5 mg/l di cloro attivo, il virus perde la capacità di riprodurre l'infezione.

Virus dell'epatite E

Il virus dell'Epatite E (HEV), virus a RNA, conosciuto come il "virus delle epatiti a trasmissione enterica non-A e non-B", è responsabile di una forma di epatite epidemica a trasmissione fecale-orale o epatite Indiana. La malattia, autolimitante, si manifesta in una forma di epatite simile a quella dell'epatite A differenziandosi solo per il periodo di incubazione più lungo (40 gg) e per il tasso di mortalità più elevato.

La malattia ha un periodo di incubazione medio di 6 settimane, con un intervallo tra 2 e 9 settimane.

Nei Paesi in via di sviluppo, specialmente in Asia centrale e sud-orientale, nel Nord-Africa, l'epatite E si presenta in forma epidemica a trasmissione idrica. La prima epidemia di origine idrica di epatite E di cui si ha documentazione si verificò nel 1956 a Nuova Delhi. Si ammalarono diverse decine di migliaia di persone e, in quel tempo, sia per i sintomi che per le modalità di insorgenza dell'epidemia, dovuta alla contaminazione dell'acquedotto con liquami, fu ritenuto che si trattasse di epatite A; in Messico, nel 1986, sono stati registrati due episodi epidemici di origine idrica.

Durante un'epidemia verificatasi in Algeria, a causa della contaminazione con liquami del fiume che riforniva di acqua potabile la regione colpita, è stato osservato che l'epatite E, che ha di solito un andamento favorevole, presentava invece un elevato tasso di mortalità, circa il 20%, nelle donne in gravidanza.

Nonostante il numero di casi accertati di epatite E nei Paesi occidentali sia ancora basso, un'indagine compiuta in Spagna ha evidenziato che l'84,2% delle acque di scarico analizzate, durante il biennio 2001-2002, sono risultate positive alla ricerca dell'HEV. Questi dati possono far ipotizzare che la prevalenza delle infezioni dovute a questo virus possa essere sottostimata e si teme un incremento dei casi in seguito a viaggi o all'immigrazione. Tuttavia, alcuni casi sono stati registrati in soggetti non recatesi di recente in zone a rischio in Nord America, Europa, Giappone, Nuova Zelanda e Australia e questo, insieme a dati molecolari e sierologici, ha portato a valutare l'epatite E autoctona, come problema clinico anche in Occidente. Inoltre, in Giappone sono stati identificati casi di infezione contratti attraverso il consumo di carne di maiale. Uno dei soggetti è stato colpito da epatite fulminante.

In Italia, al momento, l'epatite E non rappresenta un problema, tuttavia potrebbe diventare un rischio potenziale perché l'immigrazione da Paesi ad alta endemia può contribuire a introdurre in modo rilevante l'agente eziologico, soprattutto nelle regioni meridionali dove le infezioni fecali-oralì rappresentano ancora un evento rilevante a causa di particolari stili di vita ed abitudini alimentari.

I normali trattamenti a cui viene sottoposta l'acqua non sono in grado di eliminare l'HEV; l'OMS consiglia l'uso di concentrazioni di cloro residui superiori a 0,5 mg/L per un tempo di contatto di 30 min.

Rotavirus

I rotavirus hanno un diametro di 70 nm e contengono una doppia catena di RNA protetto da un doppio rivestimento capsidico. Sono stati individuati nel 1973 e suddivisi in vari gruppi (A, B, C) aventi un antigene comune, il Vp6.

I rotavirus di gruppo A (4 sierotipi) sono patogeni per l'uomo e rappresentano la maggiore causa di AGI infantili di origine virale. Sono particolarmente patogeni per i bambini al di sotto dei due anni e, nei Paesi a clima temperato, causano almeno il 50% dei ricoveri ospedalieri per diarrea nei mesi invernali. Possono essere patogeni anche per gli adulti in quanto responsabili, almeno in parte, della cosiddetta diarrea dei viaggiatori.

La principale via di trasmissione del virus è quella fecale-orale, ma la trasmissione può avvenire anche per contatto diretto e per inalazione di aerosol. Inoltre, poiché il virus è stabile nell'ambiente, può avere luogo attraverso l'ingestione di acqua o alimenti contaminati. La diffusione da persona a persona, attraverso la contaminazione delle mani, è comunque, probabilmente, la più diffusa negli ambienti comunitari, in particolare negli asili nido.

L'infezione, che può decorrere anche in modo asintomatico, di solito si manifesta con febbre, vomito e diarrea e una moderata disidratazione che, nei bambini più piccoli, può

essere però rilevante e condurre a morte per disidratazione; i virus, che infettano le cellule dei villi intestinali causando la distruzione del trasporto di glucosio e sodio all'interno delle cellule, sono eliminati in concentrazioni elevate 2-5 giorni dopo l'inizio della diarrea. La malattia acuta ha un inizio brusco con diarrea acquosa severa, febbre, dolore addominale e vomito; la disidratazione e l'acidosi metabolica possono svilupparsi ed il risultato può essere mortale se non adeguatamente trattata. Dal 2006 è stato reso disponibile un vaccino orale che permette di immunizzare i bambini a partire dalla sesta settimana di vita; è stato approvato sia negli Stati Uniti sia in Europa.

Nei Paesi in via di sviluppo la mortalità infantile addebitabile alle malattie gastroenteriche è elevatissima ed i rotavirus giocano un ruolo rilevante. Nei Paesi industrializzati la mortalità infantile dovuta ad infezioni da rotavirus è piuttosto rara, ma l'infezione può dare complicanze anche molto gravi nelle persone anziane e in quelle immunocompromesse.

In uno studio condotto in Venezuela è stato osservato che il 57% dei bambini sotto osservazione eliminava rotavirus durante i primi giorni di vita, sebbene soltanto il 6% presentava diarrea. In un'indagine svolta in Francia, rotavirus sono stati riscontrati nel 29% dei bambini sotto i due anni di età anche se la metà dei soggetti positivi non presentava nessun sintomo. La presenza dei sintomi è proporzionale all'incremento dell'età, infatti la sintomatologia si manifesta nei neonati solo nel 29% dei casi, tra uno e sei mesi nel 50% e tra sette e ventiquattro mesi nel 75% dei soggetti che eliminano il virus.

La circolazione ambientale di questi virus è ampia e per lo più incontrollabile e si comprende quindi quanto facilmente possano essere contaminate le acque. Indagini effettuate di recente con tecniche molecolari, in acque sotterranee e superficiali, hanno messo in evidenza che l'infettività di rotavirus persisteva più a lungo in acque sotterranee, con una riduzione di 3 log dopo 150 giorni; successivamente l'infettività perdurava agli stessi livelli per almeno 7 mesi. Inoltre, sperimentalmente, dopo 120 minuti in acque di falda contenenti 2 mg/l di cloro libero, il rischio infettivo del virus si riduceva di 6 volte.

Alghe e cianobatteri

Le alghe fitoplanctoniche sono organismi vegetali fotoautotrofi e comprendono specie unicellulari, pluricellulari e coloniali. Possiedono plastidi, organuli discoidali che, a seconda delle specie, possono essere, non solo in numero vario, ma presentarsi disposti in modo diverso a pile o nastriformi, oppure trovarsi singolarmente nella matrice cellulare se le dimensioni sono piuttosto grandi. I plastidi contengono clorofilla ed altri pigmenti fotosintetici e sono di fondamentale importanza per lo studio tassonomico. Particolare rilievo assume la determinazione numerica e tassonomica delle alghe appartenenti a specie potenzialmente tossiche ed a specie capaci di produrre sostanze odorigene, nonché la sorveglianza sulla periodicità dei fenomeni di fioritura (*blooms*), in considerazione del fatto che, con adeguate condizioni ambientali, le alghe possono produrre spessi strati di cellule nei corpi idrici superficiali.

Analogamente alle alghe, i cianobatteri, batteri fotosintetici Gram-negativi, possiedono clorofilla-a, alcuni pigmenti e liberano ossigeno durante la fotosintesi. Caratterizzati da un'elevata variabilità morfologica (forma unicellulare, coloniale, filamentosa) e dimensionale (da organismi unicellulari con diametro <1 µm, a forme filamentose di lunghezza fino a qualche mm), manifestano proprietà fototrofe aerobie o caratteristiche di crescita eterotrofa. Un'ampia varietà di specie è in grado di produrre tossine e, nel mondo, circa il 60% delle indagini svolte su campioni acquatici contenenti cianobatteri ha dimostrato la presenza di tossine.

Lo sviluppo di *bloom* algali, associato all'aumento delle concentrazioni di nutrienti, è sempre stato osservato in acque superficiali, ma, soprattutto nelle ultime decadi, sono stati registrati fenomeni ricorrenti e massivi. *Bloom* di specie algali fitoplanctoniche e di macroalghe possono condurre a condizioni di degrado ambientale, con alterazione del colore, modifica della trasparenza e formazione di schiume dei corpi idrici.

Circa 75 specie di dinoflagellati, diatomee, nanoflagellati e cianobatteri sono state segnalate come produttori di tossine, in ambienti marini. Le tossine algali marine possono rappresentare un rischio per la salute dell'uomo. Infatti, concentrate nei frutti di mare, possono di conseguenza, entrare nella catena alimentare; a questi eventi sono associate sindromi quali PSP (*paralytic shellfish poisoning*), (DSP) *diarrhetic shellfish poisoning*, (ASP) *amnesic shellfish poisoning*, (NSP) *nerotoxic shellfish poisoning* e (CFP) *ciguatera fish poisoning*. Inoltre, le tossine possono provocare dermatiti da contatto in associazione a fioriture di alcune specie di cianobatteri (es. *Lyngblya majuscula*), o provocare irritazione delle mucose per inalazione di aerosol contenenti dinoflagellati.

Anche nelle acque superficiali da destinare al consumo umano possono presentarsi condizioni favorevoli alla moltiplicazione algale. In particolare, gli aspetti di interesse sanitario possono riguardare lo sviluppo di elevate concentrazioni di cianobatteri che vengono frequentemente riscontrati in bacini lacustri, bacini artificiali e serbatoi naturali dove si manifestano condizioni caratterizzate da alte concentrazioni di nutrienti, elevata irradiazione, alte temperature e bassa turbolenza.

La rilevanza igienico-sanitaria dei fenomeni di diffusione di cianobatteri nelle acque superficiali da destinare al consumo umano è associata alla capacità, da parte di alcune specie, di produrre metaboliti tossici (cianotossine) che possono rappresentare potenzialmente un rischio per l'uomo anche attraverso il consumo di acqua contaminata.

Oltre cinquanta specie di cianobatteri sono ritenute produttrici di tossine e, tra i generi maggiormente responsabili sono segnalate *Microcystis*, *Nodularia*, *Planktothrix*, *Anabaena*, *Aphanizomenon* e *Cylindrospermopsis*.

Le cianotossine ad oggi identificate si differenziano in base al loro meccanismo d'azione in:

- epatotossine (microcistine e nodularine), con capacità di inibire le fosfatasi PP1 e 2A; l'ingestione sistematica delle tossine è correlata a fenomeni di infiammazione e degenerazione degli epatociti;
- neurotossine (anatotossine e saxitossine) che, bloccando la trasmissione nervosa attraverso differenti meccanismi, agiscono sul sistema neuromuscolare;
- citotossine (cilindrospermopsina) che, inibendo la sintesi proteica, agiscono a livello di diversi organi bersaglio;
- dermatotossine (lyngbyatossina A, aplysiatossina e lipopolisaccaridi) che, inibendo la sintesi proteica, causano irritazioni cutanee e delle mucose.

Le cianotossine presenti in un corpo idrico sono principalmente contenute all'interno delle cellule produttrici (tossine intracellulari); tuttavia elevate concentrazioni di tossine possono essere rilasciate in acqua soprattutto a seguito di senescenza e lisi cellulare (tossine extracellulari o libere).

Il rischio associato alla presenza di cianotossine nelle acque può essere notevolmente ridotto mediante rimozione o filtrazione delle biomasse algali presenti nelle acque superficiali. Processi di trattamento dell'acqua con agenti ossidanti (cloro od ozono), responsabili di lisi cellulare, possono, tuttavia, favorire il rilascio, in forma libera, degli agenti tossici in acqua.

Oltre alle tossine, i Cianobatteri possono essere produttori di una grande varietà di sostanze, molte delle quali sono dotate di proprietà odorose acute e persistenti che possono rendere l'acqua potabilizzata inaccettabile dal punto di vista organolettico. Altri taxa producono sostanze che

conferiscono odori o sapori particolari all'acqua: Crisoficee, Criptoficee, alcune specie di Dinoficee pigmentate, di Cloroficee e di Diatomee.

È stato più volte evidenziato che i trattamenti convenzionali di potabilizzazione delle acque (coagulazione/filtrazione, filtrazione su sabbia, clorazione) sono in grado di rimuovere soltanto basse percentuali di tossine algali disciolte. L'ozono e il carbone attivo granulare sembrano invece avere una elevata efficacia nella rimozione di cianotossine. Per acque sottoposte a trattamento di potabilizzazione è altresì importante rilevare la presenza di alghe con tendenza alla flottazione, particolarmente difficili da rimuovere nel processo di chiariflocculazione.

Attinomiceti

Sono batteri Gram-positivi aerobi, per lo più saprofiti, appartenenti all'ordine *Actinomycetales*, ubiquitari, a lenta crescita, in grado di produrre un sottile micelio settato che dà loro una stretta rassomiglianza morfologica con i miceti filamentosi. Si riproducono per frammentazione dei filamenti o attraverso spore asessuate conidiformi in grado di dare origine ad una nuova forma vegetativa.

L'importanza di questo gruppo di microrganismi è indubbia nel campo dell'industria farmaceutica in quanto produttori di una serie di metaboliti secondari utilizzati dall'uomo come antibiotici, antitumorali, antelmintici, immunosoppressori ed antifungini. Altri metaboliti vengono inoltre utilizzati nel campo dell'agricoltura in quanto stimolatori della crescita, antiparassitari ed erbicidi.

Di alcune specie è accertata la patogenicità in relazione a inalazione di bioaerosol contaminati: allergie e risposte infiammatorie possono manifestarsi soprattutto in soggetti immunodepressi in associazione ad esposizione a metaboliti tossici. Sono inoltre in grado di modificare le caratteristiche organolettiche dell'acqua, di degradare gli accessori in gomma dei raccordi della rete idrica e, alcune specie, di degradare gli interferenti endocrini.

Nelle acque potabili la concentrazione di attinomiceti varia generalmente da 10 a 10³ ufc/100 ml. I generi maggiormente riscontrati nelle acque in rete appartengono ai generi *Streptomyces* e *Nocardia* e possono essere diffusi nell'ambiente tramite aerosolizzazione e successivamente inalati. La loro presenza nelle acque potabili non sembra possa rappresentare un rischio reale per la popolazione sana.

Il genere *Streptomyces* comprende oltre 400 specie, molte delle quali producono antibiotici. Microrganismi aerobi, formano lunghi filamenti che non tendono a frammentarsi. Il micelio aereo ha catene di 5-50 conidi. Essi contribuiscono più di tutti gli altri batteri e funghi alla fertilità del terreno e alla decomposizione delle sostanze organiche, per l'attitudine a demolire proteine, cellulosa ed altri composti quali cere, gomma e paraffina. Rappresentano gli attinomiceti più frequenti nell'acqua.

Nocardia include batteri aerobi a lunghi filamenti facilmente frammentabili, debolmente acido-resistenti, in grado di degradare e utilizzare la paraffina come unica fonte di carbonio. *Nocardia asteroides* è una specie ubiquitaria presente in particolare nel terreno e nella vegetazione in decomposizione. È responsabile di una malattia del sistema respiratorio, la nocardiosi polmonare, poco comune ma che si presenta in tutto il mondo in qualunque classe di età, anche se la sua incidenza è maggiore tra gli anziani di sesso maschile. Fattori predisponenti la malattia sono le neoplasie linforeticolari, il trapianto d'organo, alte dosi di corticosteroidi o altre terapie immunosoppressive e malattie polmonari, anche se circa la metà dei soggetti può non mostrare patologie preesistenti. La nocardiosi è stata anche riconosciuta come infezione opportunistica in soggetti malati di AIDS in fase avanzata. Altre specie di *Nocardia* sp., talora, possono provocare infezioni localizzate o, occasionalmente, sistemiche.

Gli attinomiceti sono largamente diffusi in natura e ubiquitari in tutte le matrici ambientali; sono in grado di sopravvivere ai fattori ambientali ostili e ai trattamenti di potabilizzazione delle acque.

Funghi

I funghi o miceti sono organismi eucarioti, chemiosintetici ed eterotrofi, unicellulari o più spesso organizzati in strutture pluricellulari, che possono raggiungere dimensioni notevoli (da 20 a 50 volte superiori a quelle delle cellule batteriche). Possiedono una parete cellulare rigida composta da chitina e si riproducono con formazione di spore (riproduzione sessuata) e di tallospore e conidiospore (riproduzione asessuata).

La classificazione dei funghi è basata soprattutto sul particolare ciclo vitale, sulla morfologia delle strutture riproduttive e sul tipo di spore prodotte.

In base alla morfologia delle cellule si distinguono: miceti filamentosi, pluricellulari, il cui sviluppo avviene per mezzo di ife con produzione di micelio; funghi dimorfi, i quali possono acquisire l'aspetto filamentoso o di lievito in base a specifiche caratteristiche ambientali, e lieviti, unicellulari, che si riproducono per gemmazione. In quest'ultimo caso, in alcune specie i blastoconidi si staccano dalla cellula madre, mentre in altre rimangono attaccati gli uni agli altri a formare lo pseudomicelio.

I funghi sono largamente diffusi in natura, ubiquitari in tutte le matrici ambientali. Il metabolismo eterotrofo li costringe ad un tipo di vita dipendente da un ospite e, a seconda che il rapporto sia di tipo neutro, di danno o di vantaggio per l'organismo ospite, vengono rispettivamente suddivisi in saprofiti, parassiti e simbionti. In particolare, i saprofiti sono responsabili della degradazione della sostanza organica e possono vivere negli strati superficiali del suolo e negli ambienti acquatici (fiumi, laghi, mari, acque sotterranee, acque contaminate da liquami). Inoltre, possono essere rilevati nelle acque confezionate, nelle acque potabili in rete, dove possono far parte della flora microbica costituente i biofilm, e in acque di piscina contenenti alte concentrazioni di cloro.

Sebbene, i funghi possano produrre effetti dannosi per la salute in relazione a specifiche condizioni di esposizione in ambienti confinati e in soggetti che manifestano particolare predisposizione, è bene ricordare che le cellule fungine sintetizzano endotossine pirogene ed esotossine come metaboliti secondari. Alcune specie fungine sono anche in grado di produrre micotossine che sono in grado di provocare seri effetti sulla salute in seguito ad ingestione, inalazione o a contatto dermico. Tra le micotossine con struttura aromatica e fenolica vi sono quelle che esplicano i maggiori effetti (es., le ben note aflatossine, lo zearalenone e la griseofulvina).

Diversi generi, per trasmissione aerea, possono dar luogo a specifiche patologie allergiche, più frequentemente associate a reazioni di ipersensibilità (riniti allergiche, asma bronchiale, alveoliti allergiche).

La maggior parte dei funghi isolati nelle acque appartiene alla classe dei Deuteromiceti (Funghi Imperfetti). Le loro concentrazioni nelle acque sono molto variabili e possono presentare ampie oscillazioni (valori da 0 ad alcune centinaia/ml) in relazione alle caratteristiche dell'acqua. Alcuni studi hanno dimostrato che i sistemi di distribuzione dell'acqua possono, tramite aerosolizzazione, diffondere nell'ambiente specie fungine potenzialmente allergeniche, tossigene e opportuniste e alcune sono in grado di modificare le caratteristiche organolettiche dell'acqua anche per ossidazione dei materiali di cui sono costituiti i tubi. Alcune specie sono conosciute come fortemente irritanti per la pelle o possono causare infezioni in individui

immunodepressi, malati di AIDS, in coloro che hanno subito trapianti d'organo o soggetti con asma e problemi respiratori.

I generi *Penicillium*, *Trichoderma*, e *Aspergillus* sono quelli maggiormente isolati dalle acque insieme con *Absidia*, *Acremonium*, *Mucor*, e *Paecilomyces* che comprendono specie anche potenzialmente patogene.

I funghi sono particolarmente resistenti ai trattamenti di potabilizzazione e di disinfezione e nelle acque potabili possono essere ricercati per valutare la qualità dell'acqua erogata e l'eventuale presenza di fenomeni di ricrescita in rete, nonché per verificare l'efficienza del trattamento di potabilizzazione. Infatti, a causa della frammentazione dei miceli e della resistenza delle spore alla disinfezione, molti ceppi presenti nelle acque grezze superano i filtri a sabbia degli impianti di potabilizzazione, colonizzando così i sistemi di distribuzione dell'acqua. I processi di colonizzazione da parte dei funghi non sono inibiti dalle concentrazioni di cloro residuo presenti solitamente nei sistemi di distribuzione, dove piuttosto vanno ad incrementare la richiesta di cloro.

RISULTATI

I dati, raccolti attraverso l'analisi delle schede di notifica delle malattie, sono stati elaborati in forma di grafico e inseriti di seguito.

Nei 6 anni considerati sono stati notificati 2928 casi di malattie riconducibili all'acqua, con una media di 172 casi/anno, sulla base di quanto ricavato dalle informazioni inserite nelle schede di notifica.

Come anche osservabile nelle Figure 1-17, il numero più alto di casi (679) è stato registrato per le infezioni da virus dell'Epatite A con un picco di 175 casi nel 2004 e con i valori più bassi registrati nel 2006 (82), mentre il più basso numero di casi (4) è stato rilevato per le Salmonellosi E.

Patologie quali Salmonellosi non tipizzate, con un numero di casi totali pari a 538, AGI (496) e le malattie riportate sotto il termine di Tossinfezioni (162) hanno mostrato un andamento decrescente negli ultimi anni rispetto ai primi anni del periodo considerato.

Un più lieve decremento del numero di casi invece è stato osservato per le Salmonellosi di tipo B (185 casi) e C (32 casi).

Tutte le altre patologie prese in esame hanno manifestato un andamento prevalentemente altalenante anche se alcune di queste, come descritto dettagliatamente in seguito, hanno seguito un percorso abbastanza costante. Tuttavia, i casi di malattia associati a Rotavirus, nonostante la variabilità dei dati di notifica, sono aumentati in modo abbastanza significativo nell'ultimo anno considerato rispetto agli anni precedenti.

Dal conteggio totale del numero di casi, si può affermare che, dall'anno 2003, il numero totale di casi registrati per tutte le patologie, prese nella loro globalità, ha manifestato una riduzione di circa il 22%, anche se, per alcune malattie non è stato in realtà osservata una reale diminuzione di casi. Per alcune patologie, che è possibile considerare emergenti o riemergenti, è stato osservato, nel 2006, un netto aumento del numero di casi registrati (Salmonellosi D, Salmonellosi E, Shigellosi, infezioni da virus dell'Epatite E, infezioni da Rotavirus).

Andando a valutare in maniera più particolareggiata l'andamento delle singole malattie selezionate nelle schede di notifica, si rileva, per ciascuna patologia, un andamento peculiare, sebbene alcune patologie possano dimostrare, nell'ambito del periodo preso in considerazione, andamenti simili.

In prima analisi, per le Salmonellosi non tipizzate, è evidente un andamento esclusivamente decrescente, con valori massimi (135 casi) nel 2001 e minimi nel 2006 (57 casi). L'andamento decrescente è significativamente costante. Infatti, nonostante nell'anno 2004 siano stati registrati 88 casi (17 casi in più rispetto l'anno precedente e 10 in più rispetto al successivo), le notifiche della patologia sembrerebbero tendere a diminuire nel tempo.

Per le Salmonellosi di tipo B è stato registrato un picco massimo (48 casi) nel 2001 ad uno minimo (22 casi) nel 2006. Sebbene il numero di casi sia tendenzialmente in diminuzione, nel 2004 e nel 2006 sono stati notificati alcuni casi in più rispetto agli anni direttamente precedenti.

Per quanto riguarda le Salmonellosi C è stato invece registrato un andamento all'incirca simile nei primi due anni di studio. In seguito, i casi si sono ridotti del 66% rispetto a questi valori, mantenendo costante la diminuzione per i quattro anni successivi. Il numero di casi di Salmonellosi di tipo D ha mostrato un andamento variabile, ma con una tendenza verso il basso per tre anni consecutivi: è stata osservata una riduzione del 50% dopo un picco registrato nel 2002. Da allora il numero di casi ha continuato a decrescere fino a quando, nell'ultimo anno considerato, è stato di nuovo segnalato un aumento che, rispetto al 2005, è stato del 200%.

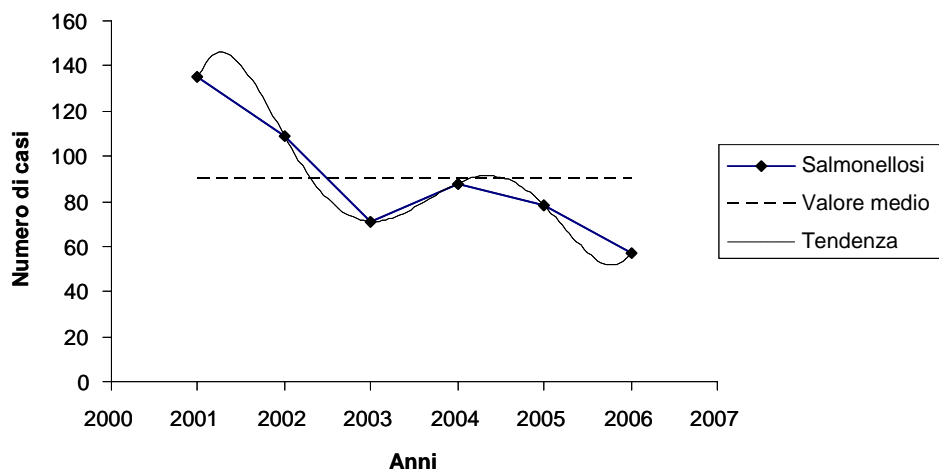


Figura 1. Andamento dei casi delle salmonellosi non tipizzate nel periodo 2001-2006 nell'area considerata

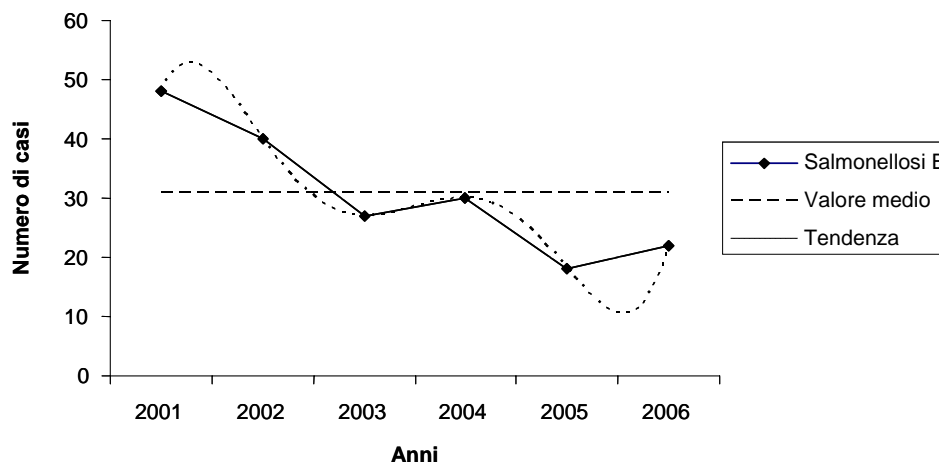


Figura 2. Andamento dei casi delle salmonellosi B nel periodo 2001-2006 nell'area considerata

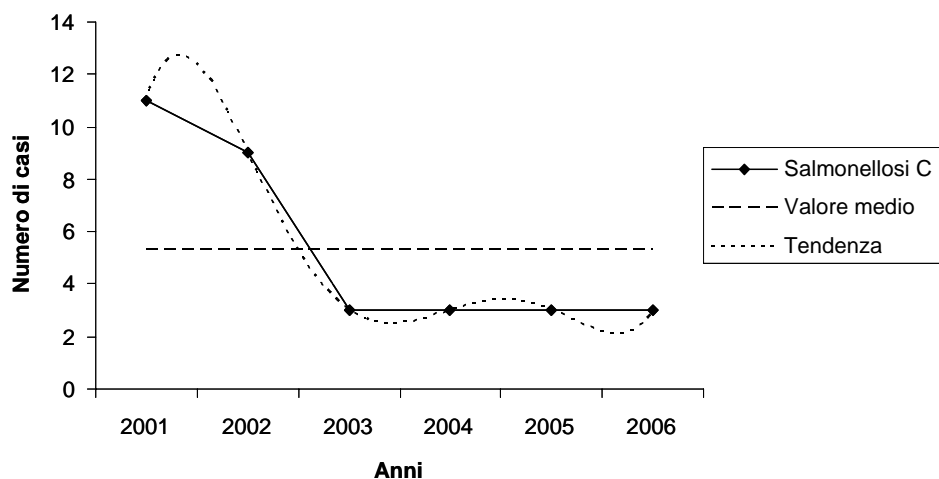


Figura 3. Andamento dei casi delle salmonellosi C nel periodo 2001-2006 nell'area considerata

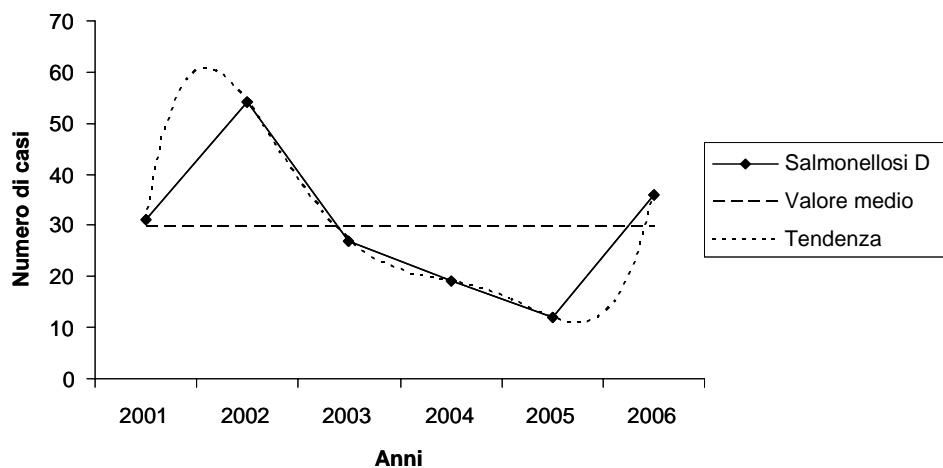


Figura 4. Andamento dei casi delle salmonellosi D nel periodo 2001-2006 nell'area considerata

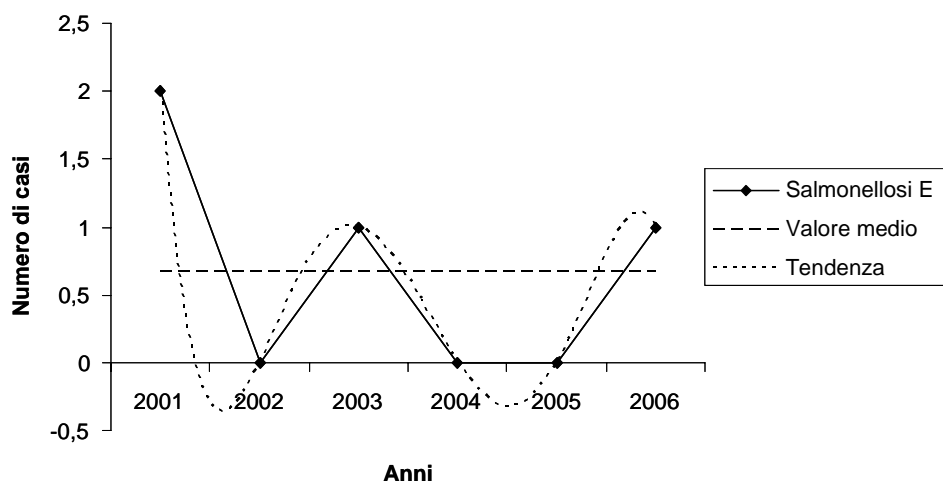


Figura 5. Andamento dei casi delle salmonellosi E nel periodo 2001-2006 nell'area considerata

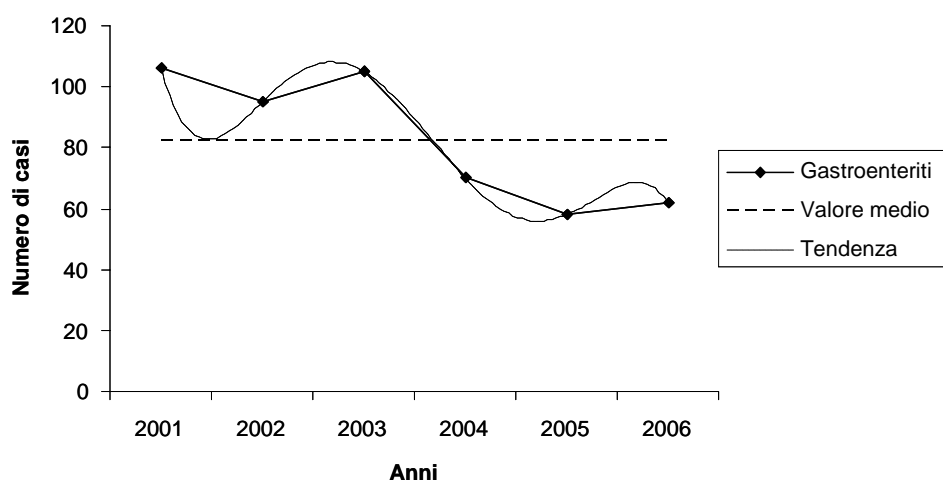


Figura 6. Andamento dei casi di gastroenteriti nel periodo 2001-2006 nell'area considerata

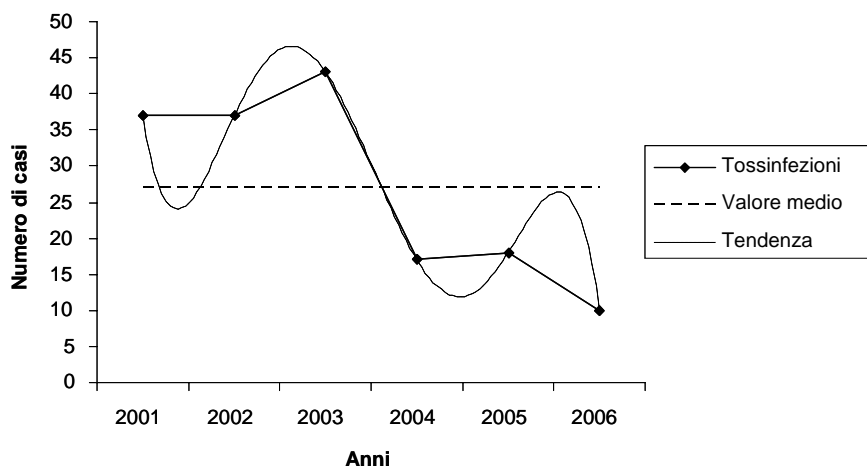


Figura 7. Andamento dei casi di tossinfezione nel periodo 2001-2006 nell'area considerata

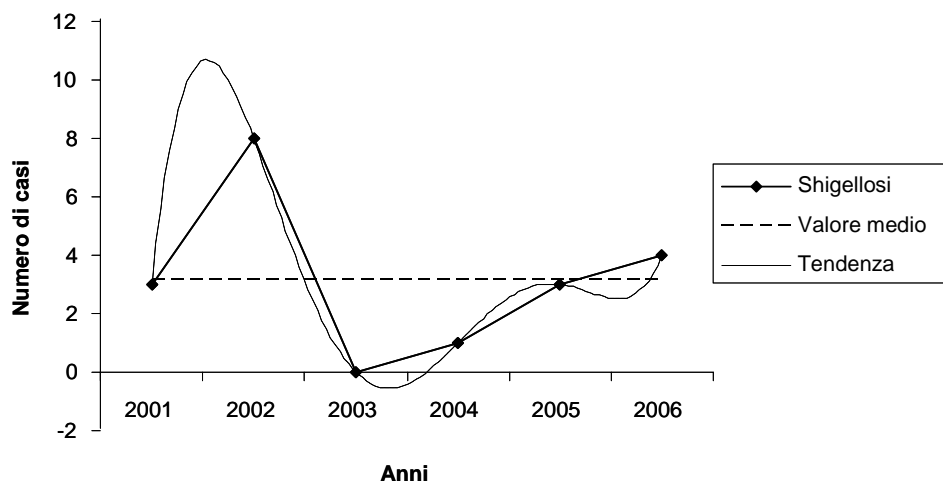


Figura 8. Andamento dei casi di shigellosi nel periodo 2001-2006 nell'area considerata

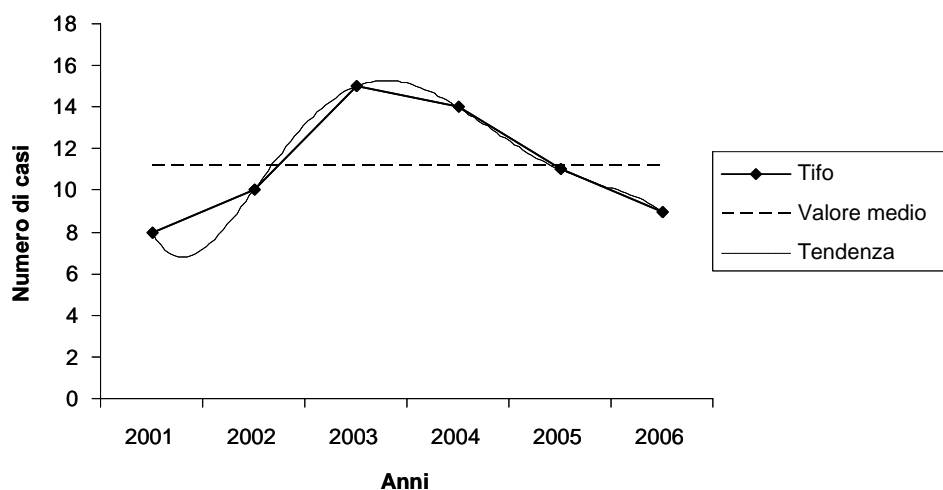


Figura 9. Andamento dei casi di tifo nel periodo 2001-2006 nell'area considerata

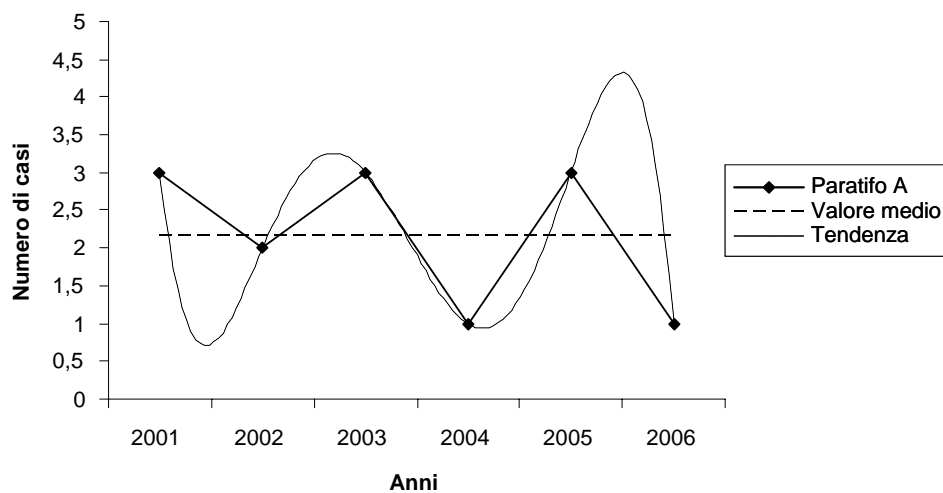


Figura 10. Andamento dei casi di paratifo A nel periodo 2001-2006 nell'area considerata

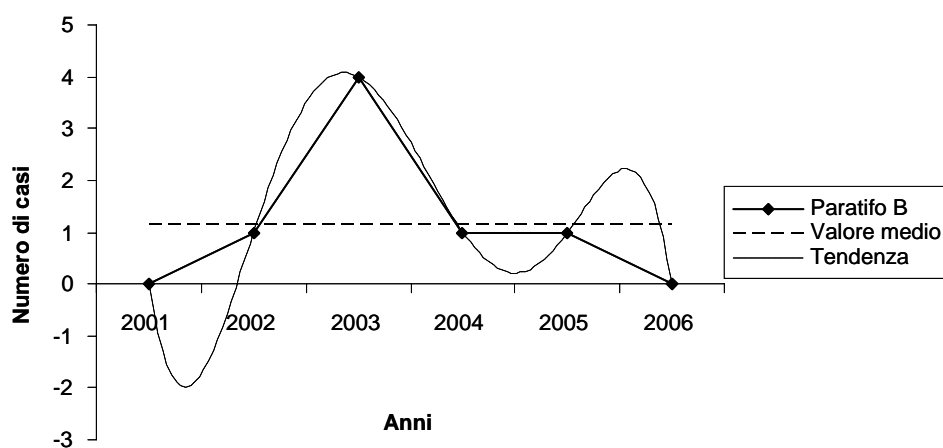


Figura 11. Andamento dei casi di paratifo B nel periodo 2001-2006 nell'area considerata

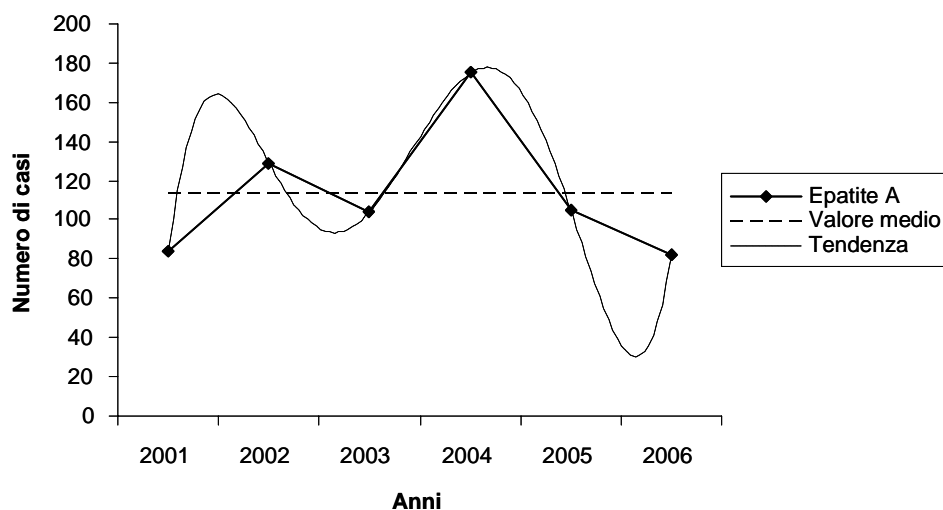


Figura 12. Andamento dei casi di epatite A nel periodo 2001-2006 nell'area considerata

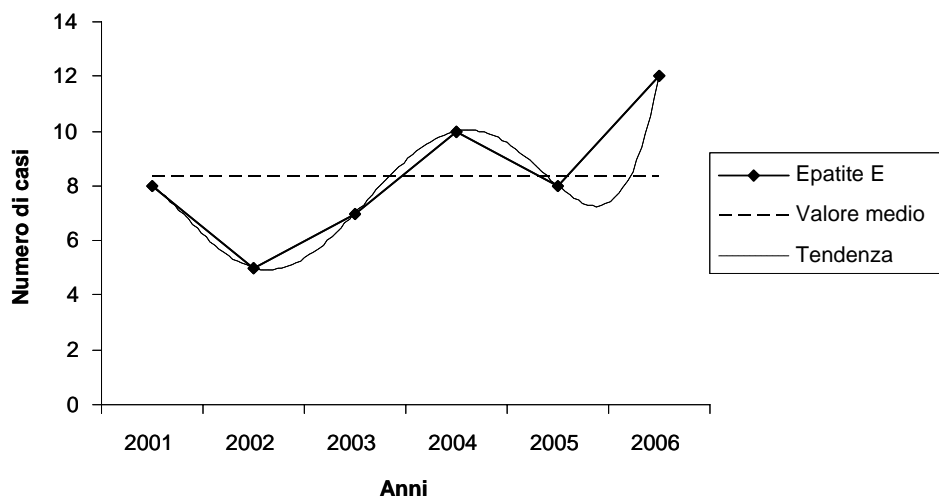


Figura 13. Andamento dei casi di epatite E nel periodo 2001-2006 nell'area considerata

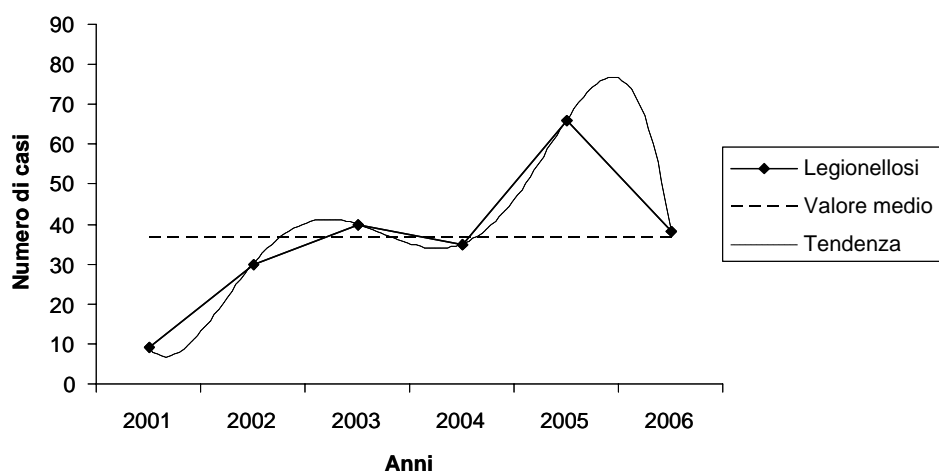


Figura 14. Andamento dei casi di legionellosi nel periodo 2001-2006 nell'area considerata

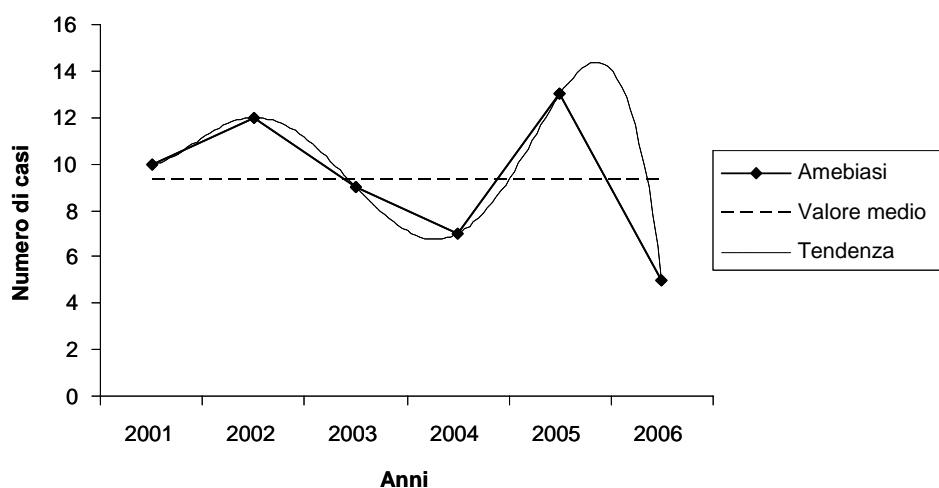


Figura 15. Andamento dei casi di amebiasi nel periodo 2001-2006 nell'area considerata

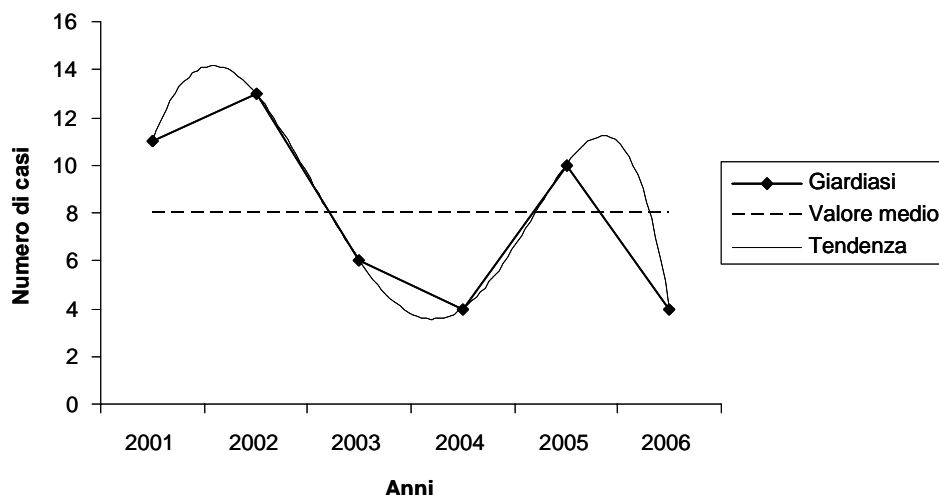


Figura 16. Andamento dei casi di giardiasi nel periodo 2001-2006 nell'area considerata

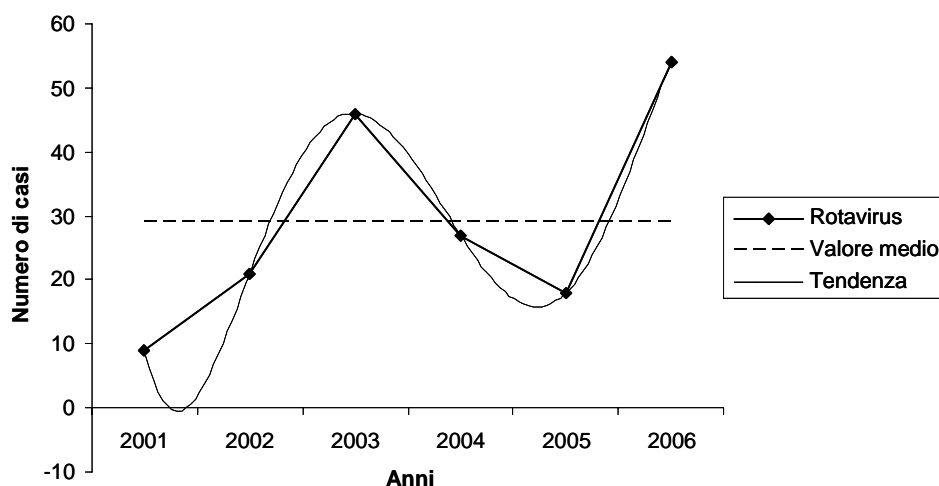


Figura 17. Andamento dei casi di infezione da rotavirus nel periodo 2001-2006 nell'area considerata

Per quanto riguarda invece le Salmonellosi E è evidente un andamento oscillante nel tempo che si è attestato su valori estremamente bassi (media 0,67 casi in sei anni), con un numero massimo di 2 casi nel 2001 e assenza di notifiche negli anni 2004 e 2005.

Andamenti simili nel tempo sono stati riscontrati dalle notifiche di AGI e tossinfezioni. Infatti, queste patologie, nei primi tre anni considerati, hanno entrambe fatto registrare un elevato numero di casi, con punte massime di 106 e 43, rispettivamente. Dal 2004 il numero di notifiche, per entrambe le malattie, si è ridotto con una diminuzione massima percentuale del 45% e del 77%, rispettivamente, rispetto ai valori massimi osservati.

Il numero massimo di notifiche (8 casi) per le Shigellosi è stato registrato nel 2002, a cui ha fatto seguito un anno in cui non è stato notificato nessun caso. Nei tre anni successivi, tuttavia, seppur manifestandosi con pochi casi, è stato riscontrato un aumento esponenziale di notifiche.

Le notifiche relative a casi di Tifo sono state rilevate in fase crescente per i primi tre anni considerati e con tendenza decrescente in quelli successivi.

Complessivamente, accanto ad un basso numero di notifiche nel periodo considerato, il numero di casi di Paratifo A ha mostrato un andamento variabile nel tempo.

Nell'arco di tempo considerato, l'andamento dei casi di Paratifo B sembrerebbe essere tendenzialmente in diminuzione dal 2003, anno in cui è stato registrato il valore massimo di 4 casi.

L'esame delle notifiche, per le infezioni da virus dell'Epatite A, per tutto il quinquennio preso in considerazione, ha fornito una casistica rappresentata da valori molto alti (679 casi totali). Il valore massimo di notifiche è stato registrato nel 2004 con 175 casi e, tranne che nel 2001 e nel 2006, negli altri anni, i dati raccolti hanno sempre superato i 100 casi per anno.

Le notifiche dei casi di infezione da virus dell'Epatite E, seppur con valori modesti, hanno mostrato un andamento crescente per tutto il periodo preso in visione.

I casi di Legionellosi, nel primo biennio preso in esame, si sono triplicati (70% in più). Negli anni successivi è stata osservata una qualche variabilità con una riduzione di casi solo nel 2006.

Andamenti simili sono stati osservati per i casi di Giardiasi e Amebiasi. Nel periodo considerato, entrambe le patologie sembrerebbero in una leggera fase di declino. Il numero massimo di notifiche (13 casi per ciascuna malattia) è stato registrato per la Giardiasi nel 2002 e per l'Amebiasi nel 2005.

I dati che riguardano le schede di notifica delle infezioni da Rotavirus richiedono una considerazione particolare. Infatti, rispetto ad un andamento che sembra avere una peculiarità di tipo prevalentemente crescente, è stata osservata una diminuzione nel 2004 e 2005, sebbene pur sempre con valori superiori a quelli registrati nel primo biennio, a cui è seguito poi un raddoppio nel 2006 rispetto all'anno precedente.

Per valutare l'andamento dei casi registrati in base all'età dei soggetti colpiti dalle malattie considerate, sono state create sei fasce di età di riferimento: tra 0 e 15 anni, tra 16 e 30 anni, tra 31 e 45 anni, tra 46 e 60 anni, tra 61 e 75 anni ed infine oltre i 75 anni. È da rilevare, tuttavia, che non è stato possibile inserire, in questo tipo di valutazione, tutti i casi di malattia rilevati, per mancanza, nelle schede di notifica, in alcune condizioni, dei dati relativi all'età dei soggetti colpiti. Pertanto, il numero di eventi, suddivisi per fasce di età, non sempre corrisponde al numero dei casi realmente riscontrati.

Valutando nella loro globalità le malattie causate da Salmonella, emerge che la fascia di età più colpita sia prevalentemente quella tra 0 e 15 anni. Infatti, questo vale per le Salmonellosi non tipizzate, che rappresentano la maggior parte dei casi che si sono manifestati nell'arco del periodo 2001-2006. In misura notevolmente più bassa seguono, con un numero di casi decrescente, i soggetti con età compresa tra 31 e 45 anni e da 16 a 30 anni. Rimane comunque evidente il fatto che questa patologia, seppur con la caratteristica sopra evidenziata, viene riscontrata in qualsiasi fascia di età.

Anche nel caso delle Salmonellosi B, la fascia di età maggiormente colpita risulta essere quella compresa tra 0 e 15 anni che, anche in questo caso, rappresenta una notevole fetta della popolazione colpita; seguono i soggetti con età dai 31 ai 45 anni e quelli di età compresa tra 46 e 60 anni. Anche in questo caso, la patologia sembra colpire tutte le fasce di età, con la sola eccezione degli ultrasessantacinquenni, per i quali sono stati segnalati solo due casi nell'intero quinquennio.

Lo stesso andamento si ripete anche per le Salmonellosi C. Ancora una volta, il maggior numero di casi è stato riscontrato tra la classe dei più giovani, e appare evidente una distribuzione pressoché omogenea tra le altre fasce di età, tranne che per i soggetti con un'età superiore ai 75 anni.

Anche per le Salmonellosi D, la fascia di età più colpita risulta quella compresa tra 0 e 15 anni, mentre la malattia colpisce, in misura simile, le fasce di età tra i 16 e i 30 anni e tra i 31 e i 45 anni, con un numero di casi registrati leggermente superiore per quest'ultima fascia di età. Sembrano poi colpiti, quasi con le stesse modalità, le fasce comprese tra 46-60 anni e 61-75 anni. La malattia ha riguardato, anche in questo caso, in misura minore, i soggetti con età superiore a 75 anni.

Per le Salmonellosi E, per mancanza di dati sull'età dei soggetti colpiti, assenti nelle schede di notifica esaminate, non è stato possibile ottenere informazioni specifiche.

La fascia di età dei più giovani risulta colpita, maggiormente rispetto alle altre, anche dalle gastroenteriti. I dati raccolti sono da considerare con attenzione perché non è così lineare la correlazione tra questo tipo di patologia e l'acqua, anche se valutazioni di questo tipo verranno discusse successivamente. Tuttavia, è stata osservata una distribuzione dei casi abbastanza uniforme per tutte le classi di età, per tutti gli anni considerati, anche se con l'aumentare dell'età dei soggetti, tale patologia si è presentata con una casistica più ridotta.

Valutazioni analoghe riguardano anche le Tossinfezioni che risultano colpire, nei casi esaminati, tutte le classi di età ad eccezione dei soggetti con più di 75 anni. Dalle schede di notifica relative ai casi di tifo (casi totali 67) emerge che i soggetti che hanno manifestato la patologia rientrano nelle fasce d'età tra 0 e 30 anni, con qualche caso sporadico registrato nella fascia tra 31 e 45 anni. Durante il periodo considerato è stato rilevato un solo caso, per ciascuna classe di età successiva.

Dalle notifiche di casi di Paratifo A e B risulta che, solo per pochi soggetti, è stata registrata l'età. Comunque, per i dati che è stato possibile raccogliere, sembrerebbero coincidenti le classi di età, fatta eccezione per il Paratifo A che interessava anche soggetti di età tra i 31 e i 45 anni, mentre non risultano colpiti da queste patologie soggetti dai 61 anni in poi.

I dati raccolti per le infezioni da virus dell'Epatite A hanno messo in evidenza che questa patologia sembra manifestarsi prevalentemente nei soggetti tra i 31 ed i 45 anni (246 casi), cui seguono i soggetti compresi nella classe tra 16 e 30 anni, i più giovani (0-15 anni) con 92 casi e coloro che si trovano nella fascia tra 46 e 60 anni. Le ultime due classi sembrano colpite molto più raramente dall'infezione.

Il numero di infezioni da virus dell'Epatite E all'incirca coincide per le fasce di età comprese tra 16 e 45 anni. Ad eccezione della classe di età superiore ai 75 anni, valori pressoché identici, sono stati registrati per le altre categorie.

La casistica della Shigellosi vede maggiormente coinvolta la classe di età tra 0 e 15 anni (9 casi), e mostra un andamento progressivamente decrescente in funzione dell'età.

Dai dati rilevati dalle schede di notifica esaminate nell'arco di tempo considerato, emerge che la Legionellosi si è manifestata, in misura pressoché quasi equivalente, nei soggetti di età compresa tra 31 e 45 anni e tra 46 e 60 anni, con una leggera maggiore tendenza per questa fascia di età (60 casi). Un numero di casi tendenzialmente più basso è stato calcolato per i soggetti compresi nella classe tra 61 e 75 anni (42 casi) e un'ulteriore diminuzione è stata registrata tra gli ultrasettantacinquenni. Pochi casi sono stati segnalati tra i soggetti tra i 16 ed i 30 anni e una sola infezione è stata rilevata nella classe compresa tra 0 e 15 anni.

Dalle notifiche raccolte per le infezioni da amebe e da *Giardia*, emerge che la classe più colpita da entrambe le malattie è quella dei soggetti con un'età compresa tra i 31 e i 45 anni. A seguire, è per l'Amebiasi che si registra un numero maggiore di casi nelle fasce di età tra 0 e 30 anni, mentre la Giardiasi sembra mostrare una distribuzione più uniforme di casi in tutte le fasce di età.

Le infezioni da Rotavirus sono risultate a carico esclusivamente dei soggetti compresi nella fascia di età tra 0 e 15 anni, a parte qualche sporadico caso in soggetti rientranti nelle classi di età tra 16 e 30 anni, 31 e 45 anni e oltre i 75 anni.

Come già stato espresso, sono state prese in considerazione tutte quelle malattie, diffuse nella popolazione, che sono, sia direttamente sia indirettamente, correlabili all'acqua. Sono stati quindi raccolti dati anche su quelle patologie che, tradizionalmente e con maggiore facilità, sono attribuibili prevalentemente ad alimenti (frutti di mare, vegetali), selezionando la via di trasmissione più confacente all'indagine svolta. Inoltre, la considerazione per alcune forme infettive, indicate in modo generico nelle schede di notifica esaminate (es. AGI e tossinfezioni) era obbligata dall'alta incidenza che queste forme risultano avere in associazione all'acqua, sulla base di quanto raccolto dal sistema di sorveglianza delle malattie idrotrasmesse negli Stati Uniti. In più, è stato considerato, nella

selezione delle patologie individuate, che i fenomeni di immigrazione da Paesi ad alta endemia per alcune malattie possono contribuire a introdurre o a reintrodurre nel nostro Paese. Anche in questo caso non è sempre stato possibile inserire tutti i casi di malattia rilevati; pertanto il numero di eventi, suddivisi per sospetta origine della patologia, non sempre corrisponde al numero dei casi realmente riscontrati.

Da una prima selezione, è stato quindi possibile verificare che le cause di malattia più ricorrenti sono rappresentate, in ordine decrescente, oltre che dall'uso e dal consumo di acqua (al secondo posto nella graduatoria delle cause sospette per numero di casi), dal consumo di mitili, di frutti di mare generici e di verdure, veicoli in cui comunque l'acqua rientra come componente fondamentale nella lunga filiera alimenti-uomo. In Figura 18 sono rappresentati i valori percentuali relativi ai casi di malattia che, in base alle schede di notifica esaminate, risultavano correlati direttamente all'acqua.

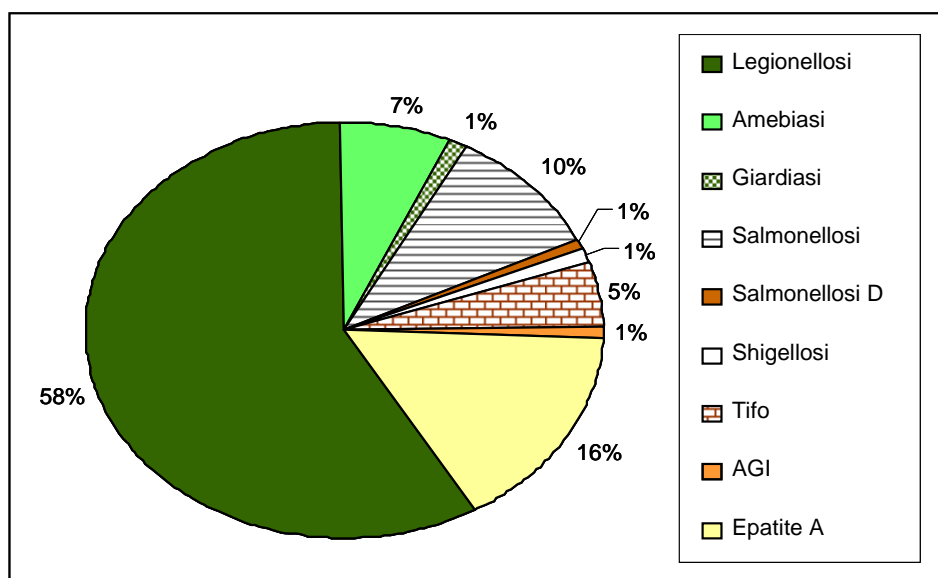


Figura 18. Valori percentuali relativi a casi di malattia correlati direttamente all'acqua

Sulla base delle notifiche esaminate, nel 2001, seppur con i limiti segnalati, le cause accertate di casi riscontrati di Salmonellosi non tipizzate, Salmonellosi B, C, D, Tifo, Epatite A erano da attribuire prevalentemente al consumo di mitili. In base al numero di casi osservati, che seguono numericamente i precedenti, le Salmonellosi non tipizzate, infezioni da virus dell'Epatite A ed Amebiasi erano invece direttamente correlate all'acqua. Il consumo di frutti di mare, come veicolo di trasmissione di malattie, è risultato responsabile di forme di Salmonellosi non tipizzate e di Epatite A. Quest'ultima infezione è stata anche correlata, con un solo caso registrato, al consumo di verdure, presumibilmente irrigate con acqua contaminata.

Per le patologie registrate, nel 2002, le cause accertate di Salmonellosi non tipizzate, Salmonellosi C, D, AGI, Tossinfezioni e di infezioni da virus dell'Epatite A erano da attribuire al consumo di mitili. Seguiva, in base al numero di casi, l'associazione tra acqua e Salmonellosi non tipizzate, Shigellosi, virus dell'Epatite A e Legionellosi. Dati numericamente più bassi erano quelli relativi al consumo di frutti di mare e di verdure, rispettivamente, per la trasmissione di Salmonellosi D, del virus dell'Epatite A, AGI e Tossinfezioni e per quella di Salmonellosi non tipizzate, Salmonellosi B e del virus dell'Epatite A.

Per l'anno 2003, i casi riscontrati, e dei quali è stato possibile raccogliere informazioni specifiche, erano imputabili al consumo di mitili per Salmonellosi non tipizzate, Tifo, AGI, Tossinfezioni ed Epatite A, mentre l'acqua rappresentava la via diretta di trasmissione per Salmonellosi D, Legionellosi ed Amebiasi. Casi di AGI, Tossinfezioni e forme di Epatite A sono stati segnalati in seguito a consumo di frutti di mare, e queste ultime, insieme con un caso di gastroenterite, erano da addebitarsi al consumo di verdure.

Nell'anno successivo, Salmonellosi non tipizzate, Salmonellosi B ed Epatite E sono state riscontrate esclusivamente in soggetti che avevano consumato mitili, mentre un caso di Salmonellosi C è stato registrato in seguito a consumo di altri frutti di mare. A quest'ultima fonte di trasmissione risultavano anche fare riferimento patologie quali Tifo, AGI, Tossinfezioni, Epatite A. L'acqua rappresentava direttamente la via di trasmissione per Tifo, Epatite A e Legionellosi. Le schede di notifica esaminate indicavano nel consumo di verdure la causa della trasmissione di Salmonellosi D e del virus dell'Epatite A.

Anche per il 2005 le cause preponderanti di infezione sono da attribuire al consumo di mitili (40 casi totali, contro i 26 casi associati all'acqua). Tuttavia, diversamente dagli anni precedenti, non sono state notificate salmonellosi, mentre sono stati registrati casi di Paratifo B, AGI, Tossinfezioni ed Epatite A. L'acqua era segnalata come causa di malattia per le Salmonellosi non tipizzate, Tifo, Epatite A, Legionellosi, Amebiasi e Giardiasi. Salmonellosi non tipizzate, Tossinfezioni ed Epatite A sono state le patologie registrate in seguito a consumo di frutti di mare e 3 casi di Epatite A sono stati attribuiti al consumo di verdure contaminate.

Anche nel 2006, al consumo di mitili non è stato associato alcun caso di salmonellosi, mentre, dalle schede di notifica, risultavano registrati casi di Tifo, AGI, Tossinfezioni ed Epatite A. All'acqua sono stati attribuiti un caso di Tifo e una tossinfezione e 8 casi di Legionellosi. Al consumo di frutti di mare generici erano associati casi di Salmonellosi D, Epatite A ed Epatite E, mentre Salmonellosi D e Shigellosi erano da addebitare al consumo di verdure.

In alcuni casi è stato possibile ottenere, dalle schede di notifica, informazioni più dettagliate sulle patologie registrate per anno. In particolare, l'uso dei condizionatori è stato rapportato solo ed esclusivamente ai casi di Legionellosi (100 casi totali), mentre altre patologie sono state registrate come correlabili a viaggi all'estero. Il più alto numero di casi rispondente a questa caratteristica è stato riportato nell'anno 2003, con 45 casi di notifica, mentre nel 2001 le notifiche esaminate fanno riferimento a 14 casi. Durante il restante arco di tempo preso in considerazione, il numero di casi si è attestato intorno a 30/anno. Dai dati esaminati, a parte alcuni e rari casi di altre patologie, le infezioni da virus dell'Epatite A sono risultate, con 71 casi totali, le malattie maggiormente correlabili a viaggi all'estero che, nel periodo sotto indagine, risultavano essere responsabili anche di 31 casi di AGI, 13 di tifo, 8 di Epatite E e 7 di Shigellosi.

DISCUSSIONE

Una corretta ed attenta valutazione dei dati presentati può permettere di interpretare quanto è emerso dall'indagine svolta. Seppur con i limiti già segnalati, lo studio, che ha elaborato le schede di notifica registrate per un quinquennio in un'area del territorio italiano, rappresenta la prima indagine finalizzata alla verifica della possibilità di ottenere informazioni dirette, derivate dalle attività di sorveglianza, sulla prevalenza di casi di malattia di origine idrica in Italia.

Dall'indagine emerge che, nel periodo considerato, il numero totale di casi di malattia è andato, con una lieve progressione, leggermente diminuendo (da 515 casi del 2001 a 400 casi del 2006) e che le patologie a più alta incidenza sono state Epatite A, alcune Salmonellosi e le AGI. Un numero ancora molto elevato di casi di notifica è stato calcolato anche per Legionellosi, infezioni da Rotavirus e Tossinfezioni. Tuttavia, per l'arco di tempo esaminato, è stato anche possibile delineare l'andamento delle patologie selezionate.

Dai dati elaborati sembra risultare, mediamente, rispetto ai primi tre anni, una lieve diminuzione per nove delle patologie prese in considerazione, alcune delle quali causate dai più tradizionali patogeni enterici (virus dell'Epatite, alcune salmonelle).

La flessione che ha riguardato le infezioni da virus dell'Epatite A potrebbe essere associata all'aumentata diffusione della vaccinazione, soprattutto tra coloro che si recano all'estero per turismo o per lavoro. Ciò che però lascia perplessi è come sia possibile, pur esistendo un vaccino efficace, che questa patologia continui a manifestarsi con episodi numericamente così elevati. È probabile che esistano condizioni, abitudini e comportamenti a rischio che tuttora favoriscano il manifestarsi di questi eventi. In questo caso, la causa più frequentemente segnalata è stata il consumo di mitili (seguito, in ordine decrescente, da quello di acqua, frutti di mare generici e verdure) che quindi risulta come maggiore veicolo responsabile dell'insorgenza della malattia. Da alcune schede di notifica è stato possibile anche rilevare che l'evento scatenante è stato fatto risalire a viaggi all'estero, laddove la patologia è endemica e dove le condizioni igienico sanitarie non sono da considerarsi adeguate agli standard occidentali.

È stato comunque osservato che, per l'Epatite A, la tendenza rilevata è confermata dai dati di notifica della malattia raccolti nel Bollettino Epidemiologico del Ministero della Salute, relativamente alla stessa area indagata e per lo stesso periodo.

La diminuzione di alcune patologie ed il crescere di altre, aventi manifestazioni cliniche pressoché simili tra di loro, fa presupporre una evoluzione dei metodi diagnostici nel tempo che hanno permesso, quindi, di tipizzare, in maniera più dettagliata, l'agente responsabile della specifica malattia (es., Salmonellosi non tipizzate rispetto a Salmonellosi D). Allo stesso tempo però un decremento, in alcuni casi, significativo, può favorevolmente indurre a ipotizzare che misure preventive, abitudini o condizioni igienico sanitarie migliorate abbiano contribuito in maniera efficiente alla contrazione del numero di casi per alcune patologie.

Alcune patologie hanno invece manifestato una tendenza in crescita nel tempo. Infatti, un aumento delle notifiche è stato calcolato, mediamente, per altre patologie, quali le infezioni da *Legionella*, da *Salmonella* di tipo D, da virus dell'Epatite E e da Rotavirus.

Una particolare attenzione deve essere rivolta all'aumento dei casi di infezioni da Rotavirus. Anche per questa malattia, una parte preponderante dei casi registrati in aumento nel tempo può essere addebitata allo sviluppo e all'utilizzo di più moderne tecnologie di analisi che hanno consentito di identificare, con maggiore precisione, il virus responsabile di casi di diarrea infettiva. È possibile comunque ipotizzare che l'incremento del numero di casi registrati sia associato ad un aumento dell'attenzione nella ricerca e nell'identificazione di questo microrganismo che colpisce il 95% dei bambini entro i 3-5 anni e che, in Italia fa registrare ogni

anno oltre 400.000 casi in bambini sotto i 5 anni di età. Nella nostra indagine il numero prevalente di casi ha interessato bambini di 1-2 anni. Durante lo studio svolto, la tendenza all'aumento dei casi che è stato evidenziato per questa patologia sembra possa essere messo in relazione alla diminuzione dei casi di generiche gastroenteriti (AGI) che rappresentano eventi in cui la malattia è designata in base alla sola sintomatologia. D'altra parte, esistono ancora difficoltà nell'identificazione degli agenti eziologici causa di molte gastroenteriti. Anche dai dati di sorveglianza delle malattie idrotrasmesse raccolti negli Stati Uniti, risulta che, nel biennio 2001-2002, è stato ancora registrato il 22,6% di casi di AGI ad eziologia sconosciuta.

Una tendenza ad un aumento progressivo nel tempo è stata anche osservata per i casi di Epatite E, 8 dei quali sono stati segnalati, nelle schede di notifica esaminate, in relazione a viaggi all'estero. L'infezione, generalmente associata ad aree endemiche, in Italia, in passato, veniva registrata di rado. Attualmente è possibile che la sua incidenza sia aumentata anche in relazione a fenomeni di immigrazione da Paesi dove la patologia è endemica. Questo andamento consente di ipotizzare che il virus potrebbe allargare la sua area di incidenza nel nostro Paese ed entrare a far parte di quella classe di patogeni emergenti già segnalati all'interno della popolazione.

Un incremento del numero di casi è stato osservato anche per la Legionellosi e rispecchia l'andamento generale riscontrato in Italia. È possibile affermare che questa tendenza sia prevalentemente legata alle attività sistematiche di sorveglianza passiva, estese a tutto il territorio nazionale, che vengono attuate dal 1983 in Italia e che si accompagnano al programma di sorveglianza internazionale (*European Working Group for Legionella Infections*, EWGLI) coordinato, fino al 1993, dal *National Bacteriology Laboratory* di Stoccolma e, successivamente, dal *Public Health Laboratory Service* (PHLS), *Communicable Disease Surveillance Centre* (CDSC) di Londra.

Nel periodo considerato, sono stati registrati 218 casi totali di Legionellosi, di cui 100 causati dall'uso di condizionatori in ambienti confinati, 57 casi di cui non si conosce esattamente la causa e 61 associati a cause diverse: viaggi in aereo e in pullman, soggiorni in hotel, visite ad acquari, frequentazione di piscine, soggiorni in stabilimenti termali, ricoveri in ospedale, uso di ossigenoterapia, uso di acqua per irrigazione di giardini, soggiorni in stabilimenti balneari, soggiorni in campeggio e uso di acqua di pozzo o di docce.

Dall'analisi dei dati rilevati dalle schede di notifica esaminate, e relative all'area considerata, è emerso che la malattia si è manifestata, in misura pressoché comparabile, nei soggetti di età compresa tra 31 e 45 anni (29%) e tra 46 e 60 anni (34%), mentre la percentuale è scesa al 24% per i soggetti con oltre 60 anni. Ne consegue quindi che i soggetti compresi nelle prime due fasce di età risultino, dalle schede di notifica esaminate, maggiormente esposti al rischio di acquisire la malattia, con buona probabilità per motivi riconducibili, in maggior misura, allo stile di vita (viaggi per turismo, studio o per lavoro e soggiorni in strutture, quali alberghi, stabilimenti termali, centri benessere, impianti sportivi).

CONCLUSIONI

La sorveglianza delle malattie trasmesse dall'acqua è un'attività già esercitata in diversi Paesi occidentali, ma è, al momento, in ritardo in Italia. In tutti i Paesi, nonostante, negli anni più recenti, siano stati fatti passi in avanti, esiste una larga parte di casi di malattia che rimane ancora sottostimata. Infatti, i dati sono distorti, spesso, sia dalla mancata diagnosi eziologica, sia da condizioni di sottonotifica; inoltre, la trasmissione delle informazioni spesso è poco tempestiva e non consente di raggiungere gli obiettivi previsti (sorveglianza e prevenzione).

L'indagine presentata ha interessato un'area con una popolazione residente di circa 1.400.000 abitanti. Lungi dal volere fornire indicazioni rappresentative, per tutto il territorio italiano, della situazione relativa alla diffusione di patologie correlabili e correlate all'acqua e sulle attività di sorveglianza delle malattie a trasmissione idrica in Italia, può comunque offrire un quadro delle criticità incontrate e, nell'area considerata, della prevalenza delle malattie prese in considerazione.

Lo studio ha permesso di rilevare alcune delle difficoltà relative all'attività di notifica e raccolta delle informazioni sulle malattie così come è attualmente indirizzata a livello nazionale.

Condizione evidente è quella relativa all'assenza di alcune specifiche patologie che, anche o esclusivamente, associate alla trasmissione per via idrica, non vengono registrate perché non riportate tra le malattie sottoposte a notifica. In relazione invece ad alcuni patogeni correlati, è noto che, oltre ad alcuni alimenti (es. vegetali contaminati in seguito a pratiche di fertirrigazione o contaminazione accidentale), anche l'acqua può direttamente rappresentare una fonte d'infezione non trascurabile, come testimoniano, ad esempio, per la criptosporidiosi, le numerose epidemie segnalate in diversi Paesi europei e in nord America.

Inoltre, la mancanza di informazioni dettagliate e complete nelle schede di notifica non sempre ha permesso di individuare l'origine delle malattie registrate. Per questo motivo, nel corso dello studio, si è stati costretti ad escludere un numero piuttosto rilevante di segnalazioni, sebbene la patologia notificata fosse pertinente allo scopo dell'indagine. Questa scelta, d'altronde obbligata, ha certamente condotto a una sottostima del numero reale di casi per alcune malattie. A questo si aggiunge che a sottostimare il numero di casi può concorrere la circostanza che, per alcune forme diarroiche, non sempre, soprattutto nel caso degli adulti, si fa ricorso al medico, con conseguente perdita di dati di notifica specifici.

Inoltre, alcune gravi carenze si sono manifestate in relazione alle attività di raccolta di dati e informazioni. Infatti, è apparso evidente che possano risultare insufficienti o di scarso aiuto, così come vengono attualmente realizzate, tutte le indagini, epidemiologiche, diagnostiche ed analitiche, che seguono l'attività di notifica della malattia. In alcuni casi, soprattutto se si considerano le indagini ambientali, l'intervallo tra la segnalazione e gli esami successivi è da sospettare sia stato troppo lungo; l'inevitabile conseguenza è stata quella di rendere più complicata la possibilità di risalire alla causa, di individuare l'agente responsabile e, nel caso, di mettere in atto efficaci azioni correttive.

A questo proposito, un evento che dimostra le difficoltà che si incontrano durante episodi di questo tipo è quello che è stato segnalato di recente in un'area del territorio italiano. Acqua potabile in distribuzione è stata il veicolo di una patologia a carattere diarroico che ha interessato 90 utenze con 100 casi notificati di gastroenterite acuta. Una serie di concause tra cui, non ultima, la mancanza di cloro residuo libero nell'acqua condottata, hanno concorso al rapido dilagare dell'epidemia. Dopo una lunga serie di ordinanze sindacali, alcune indagini epidemiologiche ed analitiche, non è stato però possibile individuare l'agente responsabile né nei campioni clinici, né in quelli ambientali.

Non va dimenticato invece che anche la sorveglianza ambientale, quando si considerino le malattie trasmesse dall'acqua, svolge un ruolo cruciale e con validità preventiva. Questo aspetto è stato riconosciuto come prioritario nell'ambito delle attività di sorveglianza delle malattie in Gran Bretagna, dove sono stati creati, all'uopo, diversi servizi di microbiologia ambientale che operano su tutto il territorio e collaborano con l'*Health Protection Agency* (HPA). In caso di patologie idrotrasmesse, viene messa in atto una procedura gestita dai microbiologi che in tempi brevissimi eseguono il prelievo dei campioni da analizzare, valutando tutti i siti dove la patologia potrebbe essersi diffusa, e garantendo lo svolgimento delle analisi più adatte al caso in tempi brevissimi.

L'esame dei dati raccolti ha permesso di individuare e confermare tutte le difficoltà legate alle attività di sorveglianza delle malattie a trasmissione idrica che, è riconosciuto, sono influenzate e complicate da numerosi fattori che, concorrendo a rendere lacunose le informazioni e a far sì che i dati a disposizione su queste patologie siano affetti da una marcata sottonotifica, possono sicuramente avere influenzato anche i risultati raccolti durante lo studio svolto.

Oltre agli inconvenienti incontrati durante l'indagine è comunque certamente vero che esistono anche difficoltà per definire con certezza se una patologia abbia realmente una origine idrica; è infatti spesso difficile reperire campioni di acqua sospetti che siano rispondenti ai risultati delle analisi cliniche. D'altra parte, è noto che i risultati delle indagini ambientali sono influenzati da fattori chimici, fisici e biologici che riducono i tempi di sopravvivenza e modificano la vitalità dei microrganismi nell'ambiente. Di fatto, nell'ambiente idrico, rimane ancora critica la possibilità di identificare l'agente eziologico responsabile della malattia a causa della scarsa sensibilità dei più tradizionali metodi standardizzati di rilevamento dei patogeni nell'acqua che risultano spesso poco sensibili e tendono a sottostimare il reale carico microbico. Infatti, molti patogeni alloctoni, sottoposti a condizioni di stress ambientale e a fenomeni di competizione con gli organismi autoctoni ambientali, pur continuando a rimanere metabolicamente attivi, possono permanere a stadi diversi di vitalità nelle acque, condizione che spesso impedisce loro di moltiplicarsi, e quindi di essere rilevabili, in condizioni standard di laboratorio. A questo meccanismo si aggiunge un'ampia variabilità temporale e spaziale che, contemporaneamente, per fenomeni di diluizione e aggregazione delle cellule microbiche, conduce ad una distribuzione spaziale anomala dei microrganismi nelle acque. Diventano quindi fondamentali anche le fasi pre-analitiche di raccolta, trasporto e conservazione dei campioni di acqua, attività che incidono, non solo sulla rappresentatività del campione, ma anche, in misura non trascurabile, sull'incertezza globale del risultato dell'analisi, diventando quindi strumento indispensabile per ottenere risultati analitici attendibili e affidabili.

BIBLIOGRAFIA DI RIFERIMENTO

- American Water Works Association. Committee Report. *Emerging pathogen bacteria*. JAWWA 1999;91:101-9.
- Ansaldi F, Bruzzone BM, Rota MC, Bella A, Ciofi Degli Atti ML, Durando P, Gasparini R, Icardi G, Serological Study Group. Hepatitis A incidence and hospital-based seroprevalence in Italy: a nation-wide study. *Eur J Epidemiol* 2008;23(1):45-53.
- Azevedo SM, Carmichael WW, Jochimsen EM, Rinehart KL, Lau S, Shaw GR, Eaglesham GK. Human intoxication by microcystins during renal dialysis treatment in Caruaru-Brazil. *Toxicology* 2002;181-182:441-6.
- Barrell RA, Hunter PR, Nichols G. Microbiological standards for water and their relationship to health risk. *Commun Dis Pub Health* 2000;3(1):8-13.
- Bartram J, Lewis K, Lenton R, and Wright A. Focussing on improved water and sanitation for health. *Lancet* 2005;365:810-2.
- Bartram J, Thyssen N, Gowers A, Pond K, Lack T. *Water and health in Europe*. WHO (WHO Regional Publications). 2002;109-17.
- Bellomo AR, Rota MC, Pontrelli G, Bella A, Ricci ML, Cassone A, Salmaso S. Un'epidemia di legionellosi in un municipio del Comune di Roma, 2003. *Ig Sanità Pub* 2005;61(1):84-5.
- Boccia D, Pantosti A, D'Ancona F, Giannitelli S, Monaco M, Salmaso S. Antimicrobial resistance in Italy: preliminary results from the AR-ISS project. *Eurosurv* 2002;7:87-93
- Boccia D, Tozzi AE, Cotter B, Rizzo C, Russo T, Buttinelli G, Caprioli A, Marziano ML and Ruggeri FM. Waterborne outbreak of Norwalk-like virus gastroenteritis at a tourist resort, Italy. *Emerg Infect Dis.* 2002;8(6): 563-8.
- Bonadonna L, Briancesco R, Ciccozzi M, Filetici E, Manuppella A, Pourshaban M, Semproni M, Shimada T. Biotyping, Serotyping and Genotyping of Aeromonads from environmental and clinical samples. *World J Microbiol Biotechnol* 2001;7:673-6.
- Bonadonna L, Briancesco R, Coccia AM, Della Libera S, Semproni M, Stewardson D. Occurrence of potential bacterial pathogens in coastal areas of the Adriatic Sea. *Environ Monit Assess* 2002;77: 31-49.
- Briancesco R and Bonadonna L. An Italian study on *Cryptosporidium* and *Giardia* in wastewater, fresh water and treated water. *Environ Monit Assess* 2005;104: 445-57.
- Calderon RL and Craun GF. Estimates of endemic waterborne risks from community- intervention studies. *J Water Health* 2004;4:89-99.
- Canada Communicable Disease Report. *Waterborne outbreak of gastroenteritis associated with a contaminated municipal water supply, Walkerton, Ontario*, 2000;26 (20):170-3.
- Caprioli A, Morabito S, Brugère H, Oswald E. Enterohaemorrhagic *Escherichia coli*: emerging issues on virulence and modes of transmission. *Vet res.* 2005;36(3):289-311.
- Carmichael WW, Jonesm CLA, Mahomood NA, Theiss WC. Algal toxins and water-based diseases. *CRC Crit Rev Environ Cont* 1985;15:275-313.
- Carraro E, Bonetta S, Palumbo F, Gilli G. Rischio microbiologico associato al consumo di acqua potabile nei paesi industrializzati. *Ann Ist Super Sanità* 2004;40(1):117-40.
- Cassone A, Torosantucci A. Opportunistic fungi and fungal infections: the challenge of a single, general antifungal vaccine. *Exp rev vaccines* 2006;5(6):859-67.
- Ciccozzi M, Tosti ME, Gallo G, Ragni P, Zotti C, Lopalco PL *et al.* Risk of hepatitis A infection following travel. *J Viral Hepat* 2002;9:460-5.

- Codd GA, Morrison LF, Metcalf JS. Cyanobacterial toxins: risk management for health protection *Toxicol Appl Pharmacol* 2005;203:264-72.
- D'Argenio P, Adamo B, Cirrincione R, and Gallo G. The role of vaccine in controlling hepatitis A epidemics. *Vaccine* 2003;21:2246-9.
- Dettori G, Grillo R, Falomo R, Mansueto S, Miceli, D. and Marcuccio L. Survey on the prevalence of *Leptospira* infections in the Italian population. *Eur J Epidemiol* 1994;10:173-180.
- Dietrich D, Hoeger S. Guidance values for microcystins in water and cyanobacterial supplement products (blue green algal supplements): a reasonable or misguided approach? *Toxicol Appl Pharmacol* 2005;203:273-89.
- Duy TN, Lam PKS, Shaw GR, Connell DW. Toxicology and risk assessment of freshwater cyanobacterial (blue-green algal) toxins in water. *Rev Environ Contam Toxicol* 2000;163:113-86.
- Egli T, Koster W, Meile L. Pathogenic microbes in water and food: changes and challenges. *FEMS Microbiol Rev* 2002;26:111-2.
- El Saadi OE, Esterman AJ, Cameron S, Roder DM. Murray River water, raised cyanobacterial cell counts, and gastrointestinal and dermatological symptoms. *Med J Aust* 1995;162:122-5.
- European Environmental Agency/World Health Organization. *Water and Health in Europe*. Geneve: WHO Regional Publication European Series n. 93; 2002
- Falconer IR, Bartram J, Chorus I, Kuiper-Goodman T, Utkilen H, Burch M, Codd GA. Safe levels and safe practices. In: Chorus I, Bartram J (Ed.). *Toxic cyanobacteria in water*. London: E & FN Spon; 1999b. p. 155-78.
- Falconer IR. Health problems from exposure to cyanobacteria and proposed safety guidelines for drinking and recreational water. In: Codd GA, Jefferies TM, Keevil CW, Potter E (Eds.). *Detection Methods for Cyanobacterial Toxin*. London: Royal Society of Chemistry; 1994.
- Faustini A, Fano V, Muscillo M, Zaniratti S, La Rosa G, Tribuzi L, Perucci CA. An outbreak of aseptic meningitis due to echovirus 30 associated with attending school and swimming in pools. *Int J Infect Dis* 2006;10(4):291-7.
- Federal-Provincial-Territorial Committee on Drinking Water. Bacteriological quality. In: *Health Canada, Water Quality and Health Bureau Guidelines for Canadian Drinking Water Quality*. Ottawa: Health Canada; 2002.
- Federal-Provincial-Territorial Committee on Drinking Water. Virological Quality of Drinking Water. In: *Health Canada, Water Quality and Health Bureau Guidelines for Canadian Drinking Water Quality*. Ottawa: Health Canada; 2003.
- Filetici E, Bonadonna L, Ciccozzi M, Anastasio MP, Fantasia M, and Shimada T. Phenotypic and genotypic biotyping of environmental strains of *Vibrio cholerae* non-O1 isolated in Italy. *Appl Environ Microbiol* 1997;63:4102-6.
- Fong TT and Lipp EK. Enteric viruses of humans and animals in aquatic environments: health risks, detection, and potential water quality assessment tools. *Microbiol Mol Biol Rev* 2005; 69(2), 357-71.
- Gold D, Smith HV. Pathogenic protozoa and drinking water. In: Palumbo F, Ziglio G, van der Beken A(Ed.). *Detection methods for algae, protozoa and helminths in fresh and drinking water*. Chichester: Wiley & Sons; 2002.
- Graziani C, Galetta P, Busani L, Dionisi AM, Filetici E, Ricci A, Caprioli A, Luzzi I (Ed.) *Infezioni da Salmonella: diagnostica, epidemiologia e sorveglianza*. Roma: Istituto Superiore di Sanità; 2005 (Rapporti ISTISAN 05/27).
- Horowitz MS. Adenoviruses. In: Knipe DM, Howley PM, Griffin DE, Lamb RA, Martin MA, Roizman B *et al.* (Ed.). *Fields virology*. Philadelphia, Pa: Lippincott Williams & Wilkins; 2001.

- Hunter PR, Waite M and Ronchi E. *Drinking Water and Infectious Disease-Establishing the Links*. CRC Press, Boca Raton. London: IWA Publishing; 2003.
- Hunter PR. *Waterborne disease: Epidemiology and Ecology*. Chichester: Wiley; 1997.
- Ibelings BW, Chorus I. Accumulation of cyanobacterial toxins in freshwater 'seafood' and its consequences for public health: A review. *Environ Pollut* 2007;150:177-92.
- Italia. Decreto ministeriale, 15 dicembre 1990. Sistema informativo delle malattie infettive e diffusive. Gazzetta Ufficiale - Serie Generale n. 6, 8 gennaio 1991.
- Ivanova EP, Zhukova NV, Gorshkova NM, Chaikina EL. Characterization of *Aeromonas* and *Vibrio* species isolated from a drinking water reservoir. *J Appl Microbiol* 2001;90:919-27.
- Joseph CA; European Working Group for Legionella Infections. Legionnaires' disease in Europe 2000-2002. *Epidemiol Infect* 2004 Jun;132(3):417-24.
- Karl TR, Knight RW, and Plummer N. Trends in high-frequency climate variability in the twentieth century. *Nature* 1999;377:217-20.
- Kistemann T, Claben T, Koch C, Dangendorf F, Fischeder R, Gebel J, Vacata V, and Exner M. Microbial load of drinking water reservoir tributaries during extreme rainfall and runoff. *Appl. Environ. Microbiol* 2002;68:2188-97.
- Kosek M, Bern C, Guerrant RL. The magnitude of the global burden of diarrhoeal disease from studies published 1992-2000. *WHO Bulletin* 2003;81:197-204.
- Kramer MH, Herwaldt BL, Craun GF, Calderon F, Juranek DD. Surveillance of waterborne disease outbreaks - United States, 1993-1994. *MWR* 1996;45:1-15.
- Kramer MH, Herwaldt BL, Craun GF, Calderon F, Juranek DD. Surveillance of waterborne disease outbreaks - United States, 1993-1994. *MMWR* 1996;45:1-15.
- La Rosa G, Muscillo M, Iaconelli M, Di Grazia A, Fontana S, Sali M, De Carolis E, Cattani P, Manzara S, Fadda G. Molecular characterization of human adenoviruses isolated in Italy. *New Microbiol* 2006;29(3):177-84.
- Le Chevallier MW, Babcock TM, Lee RG. Examination and characterisation of distribution system biofilms. *Appl Environ Microbiol* 1987;53:2714-2724.
- LeChevallier MW and Au K-K. *Water Treatment and Pathogen Control. Process Efficiency in Achieving Safe Drinking Water*. London: IWA Publishing; 2004.
- LeChevallier MW, Lowry CD, Lee RG. Disinfecting biofilms in a model distribution system. *J Amer Wat Works Ass* 1990;82:87-99.
- Leclerc H, Schwartzbrod L, Dei-Cas E. Microbial agents associated with waterborne diseases. *Crit Rev Microbiol* 2002;28(4):371-409.
- Leclerc H. Relationship between common water bacteria and pathogens in drinking water. In: Bartram J, Cotruvo J, Exner M, Fricker C, Glasmacher A (Ed.). *Heterotrophic Plate Counts and Drinking-water Safety*. London: IWA Publishing; 2003.
- Lee SH, Levy DA, Craun GF, Beach MJ, Calderon RL. Surveillance for waterborne-disease outbreaks - United States, 1999-2000. *MMWR* 2002;51(SS-8):1-47.
- Lejeune JT, Besser TE, Rice DH, Hancock DD. Methods for isolation of water-borne *Escherichia coli* O157. *Lett Appl Microbiol* 2001;32:316-20.
- Momba MNB, Kfir R, Venter SN, Cloete TE. An overview of biofilm formation in distribution systems and its impact on the deterioration of water quality. *Water SA* 2000;1:59-66.
- Montagna MT, Napoli C, Tato D, Spilotros G, Barbuti G and Barbuti S. Clinical-environmental surveillance of legionellosis: an experience in southern Italy. *Eur J Epidemiol* 2006;21(4): 325-31.

- Montanari MP, Pruzzo C, Pane L & Colwell RR. Vibrios associated with plankton in a coastal zone of the Adriatic Sea (Italy). *FEMS Microbiol Ecol* 1999;29(3): 241-7.
- Morris RD, Levin R. Estimating the incidence of waterborne infectious disease related to drinking water in the United States. In: Reichard EG, Zapponi GA (Ed.). *Assessing and managing health risks from drinking water contamination: approaches and applications*. Wallingford: IAHS; 1995.
- Morse SS. Factors in the emergence of infectious diseases. *Emerg Infect Dis* 1995;1(1):7-15.
- Palmer SR. Epidemiology in search of infectious diseases: methods in outbreak investigation. *J Epidemiol Community Health* 1989;43:311-15.
- Payment P. Viruses: prevalence of disease, levels, and sources. In: Craun CF (Ed.). *Safety of Water Disinfection: Balancing Chemical and Microbial Risk*. Washington DC: ILSI Press; 1993. p. 99-113.
- Payment PR, Hunter PR. Endemic and epidemic infectious intestinal disease and its relation to drinking water. In: Fewtrell L, Bartram J (Ed.) *Water quality: guidelines, standards and health. Risk assessment and management for water-related infectious disease*. London: IWA Publishing; 2001.
- Peeters JE, Mazas EA, Masschelein WJ, Martinez de Maturana IV, Debacker E. Effect of disinfecting drinking water with ozone or chlorine dioxide on survival of *Cryptosporidium*. *Appl Environ Microbiol* 1989;55:1519.
- Percival SL, Walzer JT, Hunter PR. Legislation and water quality. In: Vreeland RH (Ed.). *Microbiological aspects of biofilms and drinking water*. Boca Raton: CRC Press; 2000. p. 49-59.
- Percival SL, Walzer JT, Hunter PR. Water supply, treatment and distribution. In: Vreeland RH (Ed.). *Microbiological aspects of biofilms and drinking water*. Boca Raton: CRC Press; 2000.
- Pietroiusti A, Luzzi I, Gomez Miguel MJ, Magrini A, Bergamaschi A, Forlini A, Galante A. *Helicobacter pylori* duodenal colonization is a strong risk factor for the development of duodenal ulcer. *Alim pharmacol therap* 2005;21(7):909-15.
- Pond K. *Water recreation and disease. Plausibility of Associated Infections: Acute Effects, Sequelae and Mortality*. Geneva: World Health Organization; 2005.
- Poullis DA, Attwell RW, Powell SC. An evaluation of waterborne disease surveillance in the European Union. *Rev Environ Health* 2002;17 (2):149-61.
- Pruss A, Kay D, Fewtrell L and Bartram J. Estimating the burden of disease from water sanitation and hygiene at a global level. *Environ Health Persp* 2002;110:537-42.
- Rezza G, Nicoletti L, Angelini R, Romi R, Finarelli AC, Panning M, Cordioli P, Fortuna C, Boros S, Magurano F, Silvi G, Angelini P, Dottori M, Ciufolini MG, Majori G, Cassone A. Infection with chikungunya virus in Italy: an outbreak in a temperate region. *Lancet* 2007;370(9602):1840-6.
- Rompré A, Servais P, Baudart J, de-Roubin M, Laurent P. Detection and enumeration of coliforms in drinking water: current methods and emerging approaches. *J Microbiol Methods* 2002;49:31-54.
- Rose JB, Daeschner S, Easterling DR, Curriero FC, Lele S, Patz J. Climate and waterborne disease outbreaks. *JAWWA* 2000;92(9):77-87.
- Sharma S, Sachdeva P, Virdi JS. Emerging water-borne pathogens. *Appl Microbiol Biotechnol* 2003; 61(5-6):424-8.
- Sobsey MD, Olson B. Microbial agents of waterborne disease. In: Berger PS, Argaman Y (Ed.). *Assessment of Microbiology and Turbidity Standards for Drinking Water*. EPA-570-9-83-001, Office of Drinking Water, Washington, D.C; 1983.
- Stelma GN Jr, Lye DJ, Smith BG, Messer JW, Payment P. Rare occurrence of heterotrophic bacteria with pathogenic potential in potable water. *Int J Food Microbiol* 2004 May 1;92(3):249-54.
- Stroffolini T, Sagnelli E, Mele A, Craxì A, Almasio P. Italian Hospitals Collaborating Group. The aetiology of chronic hepatitis in Italy: results from a multicentre national study. *Digest Liver Dis* 2004;36:829-33.

- Swerdlow DL, Woodruff BA, Brady RC. A waterborne outbreak in Missouri of *Escherichia coli* O157:H7 associated with bloody diarrhoea and death. *Ann Intern Med* 1992;117:812-9.
- Szewzyk U, Szewzyk R, Manz W, Schleifer KH. Microbiological safety of drinking water. *Ann Rev Microbiol* 2000;54:81-127
- Theron J, Cloete TE. Emerging waterborne infections: contributing factors, agents, detection tools. *Crit Rev Microbiol* 2002;28(1):1-26.
- Thompson T, Sobsey M, Bartram J. Providing clean water, keeping water clean: an integrated approach. *Intern J Environ Health Res* 2003;13:S89-94
- Unione Europea. Commission Decision of 19 March 2002 laying down case definitions for reporting communicable diseases to the Community network under Decision 2119/98/EC of the European Parliament and of the Council. OJ EC L 86/44.
- Unione Europea. Decision 2119/98/EC of 24 September 1998. European Parliament and of the council setting up a network for the epidemiological surveillance and control of communicable diseases in the Community. OJ EC L 268/1.
- Unione Europea. Decision of 22 December 1999 on the communicable diseases to be progressively covered by the Community network under Decision 2119/98/EC of the European Parliament and of the Council. OJ EC L 28/50.
- World Health Organization. *Guidelines for Drinking Water*. Volume 1, *Recommendations Drinking-water Quality*. 3rd edition. Geneva: WHO; 2004.
- World Health Organization. *Guidelines for drinking-water quality*. Vol. 2, Health criteria and other supporting information. Geneva: WHO; 1996.
- World Health Organization. *Guidelines for drinking-water quality*. Geneva: WHO; 2006.
- World Health Organization. *Guidelines for Safe Recreational Water Environments; Swimming Pools and Similar Environments*. Geneva: WHO; 2006.
- World Health Organization. *Guidelines for Safe Recreational Water Environments; coastal and Fresh waters*. Geneva: WHO; 2003.
- World Health Organization. *Guidelines for the Safe Use of Wastewater, Excreta and Greywater*. Geneva: WHO; 2005.
- World Health Organization. *Water and health in Europe: A Joint Report from the European Environment Agency and the WHO Regional Office for Europe*. 2002. Bartram J, Thyssen N, Gowers A, Pond K, Lack T. (Ed.). WHO Regional Publications, European Series No. 93.

*La riproduzione parziale o totale dei Rapporti e Congressi ISTISAN
deve essere preventivamente autorizzata.
Le richieste possono essere inviate a: pubblicazioni@iss.it.*

*Stampato da Tipografia Facciotti srl
Vicolo Pian Due Torri 74, 00146 Roma*

Roma, gennaio-marzo 2009 (n. 1) 2° Suppl.