



**UNIMORE**  
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI  
MODENA E REGGIO EMILIA

# Climate change and infectious diseases

**Annalisa Bargellini**

Dipartimento di Scienze Biomediche, Metaboliche e  
Neuroscienze, sezione di Sanità Pubblica



Convegno Nazionale

**Climate  
Change & Public  
Health**

Reggio Emilia, 9 giugno 2023

# LEGIONELLOSI: catena degli eventi dall'ambiente alla malattia

## EVENTO

## FATTORI FAVORENTI

PRESENZA E SOPRAVVIVENZA DELLA LEGIONELLA NEI BACINI NATURALI



CONTAMINAZIONE E PROLIFERAZIONE NEI BACINI ARTIFICIALI

temperatura tra 25 e 45°C, condizioni ambientali, presenza di nutrienti, depositi e incrostazioni, biofilm e protozoi, ecc.



FORMAZIONE DI GOCCE E DIFFUSIONE DI AEROSOL CONTAMINATI

piccole dimensioni delle gocce (5 µm)



INALAZIONE E PENETRAZIONE NEGLI ALVEOLI POLMONARI



POSSIBILE SVILUPPO DELLA MALATTIA

aspetti legati al microorganismo + condizioni dell'ospite

REVIEW PAPER

The influence of climate change on waterborne disease and Legionella: a review

# The influence of climate change on waterborne disease and *Legionella*: a review

## Authors

**JT Walker**  
Public Health England,  
Porton, Salisbury SP1 3DX,  
UK  
Email: jimmy.walker@phe.gov.uk

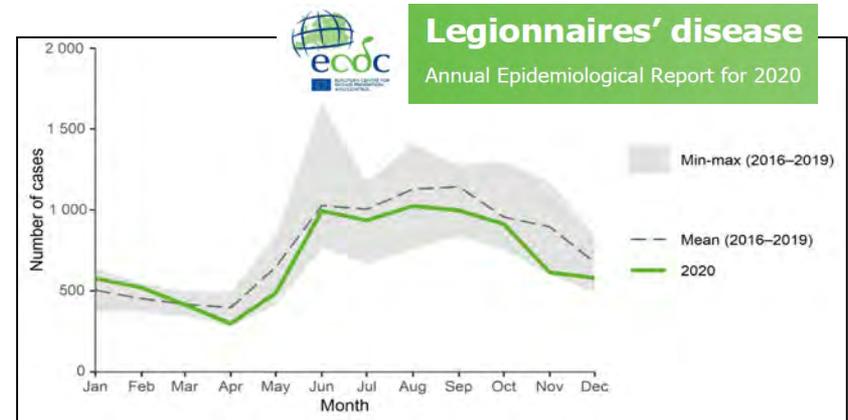
**Corresponding author:**  
James T Walker, as above

**Keywords**  
climate change; extreme weather events; waterborne pathogens; Legionella; amoeba

## Abstract

Climate change is predicted to have a major impact on people's lives with the recent extreme weather events and varying abnormal temperature profiles across the world raising concerns. The impacts of global warming are already being observed, from rising sea levels and melting snow and ice to changing weather patterns. Scientists state unequivocally that these trends cannot be explained by natural variability in climate alone. Human activities, especially the burning of fossil fuels, have warmed the earth by dramatically increasing concentrations of heat-trapping gases in the atmosphere; as these concentrations increase, the more the earth will warm. Climate change and related extreme weather events are being exacerbated sooner than has previously been considered and are already adversely affecting ecosystems and human health by increasing the burden and type of disease at a local level. Changes to the marine environment and freshwater supplies already affect significant parts of the world's population and warmer temperatures, especially in more temperate regions, may see an increased spread and transmission of diseases usually associated with warmer climates including, for example, cholera and malaria; these impacts are likely to become more severe in a greater number of countries. This review discusses the impacts of climate change including changes in infectious disease transmission, patterns of waterborne diseases and the likely consequences of climate change due to warmer water, drought, higher rainfall, rising sea levels and flooding.

Aumentato rischio di legionellosi all'aumentare delle precipitazioni e della temperatura media e al diminuire dell'escursione termica giornaliera nei giorni di incubazione della malattia



**Aumentate precipitazioni, temperatura e/o umidità sono i fattori climatici maggiormente associati all'aumento dei casi di legionellosi nel mondo**

Environmental Research 178 (2019) 108721

Contents lists available at ScienceDirect

**Environmental Research**

ELSEVIER

journal homepage: [www.elsevier.com/locate/envres](http://www.elsevier.com/locate/envres)

---

*Legionella* and legionellosis in touristic-recreational facilities: Influence of climate factors and geostatistical analysis in Southern Italy (2001–2017)

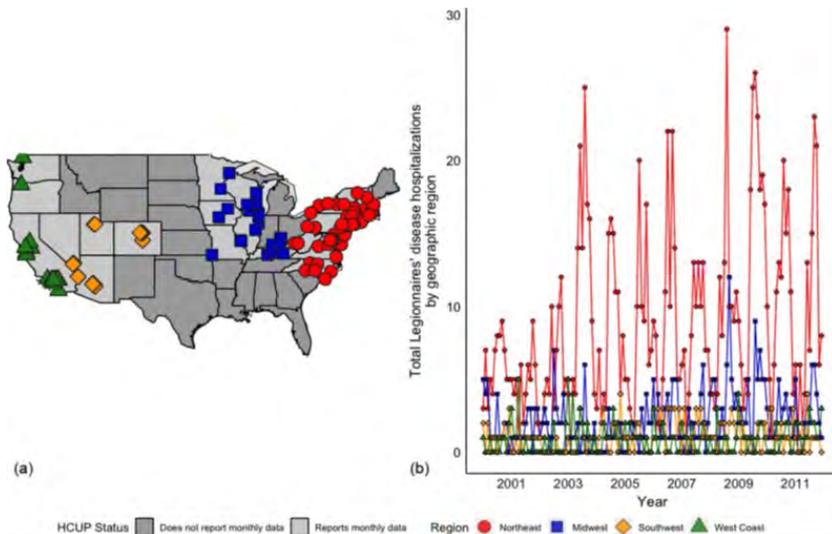
Osvolda De Giglio<sup>a</sup>, Fabrizio Fasano<sup>a</sup>, Giusy Diella<sup>a</sup>, Marco Lopuzzo<sup>a</sup>, Christian Napoli<sup>b</sup>, Francesca Apollonio<sup>a</sup>, Silvia Brigida<sup>c</sup>, Carla Calia<sup>a</sup>, Carmen Campanale<sup>a</sup>, Angelo Marzella<sup>a</sup>, Chrysovalentinos Pousis<sup>a</sup>, Serafina Rutigliano<sup>a</sup>, Francesco Triggiano<sup>a</sup>, Giuseppina Caggiano<sup>a</sup>, Maria Teresa Montagna<sup>a,\*</sup>

- ✓ l'aumento della temperatura e delle precipitazioni e il decremento della radiazione solare UVB hanno contribuito all'aumento dell'incidenza della legionellosi nel ventennio 1999-2018 negli USA;
- ✓ il picco dell'incidenza del 2018 potrebbe essere attribuito ad un effetto cumulativo di questi tre fattori climatici.

**BMC Infectious Diseases (2022) 22:550**

### The effect of seasonal and extreme floods on hospitalizations for Legionnaires' disease in the United States, 2000–2011

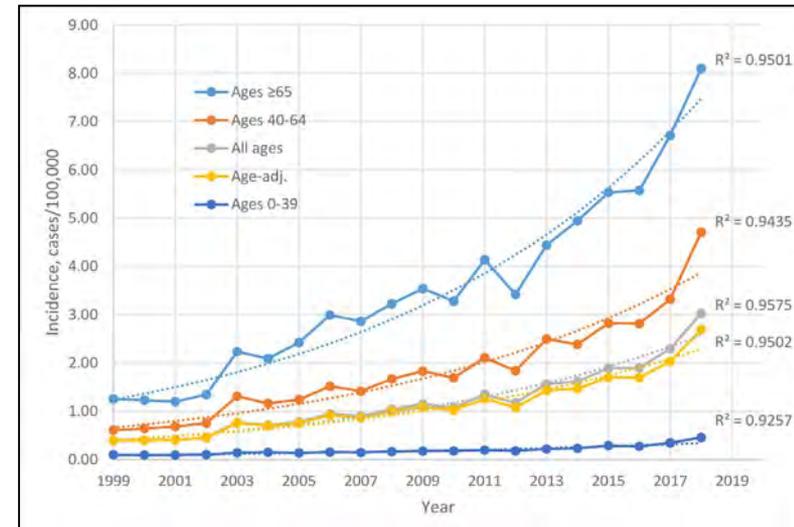
Victoria D. Lynch\* and Jeffrey Shaman



**PLOS ONE 2021 Apr 22;16(4):e0250364**

### Effects of climate changes and road exposure on the rapidly rising legionellosis incidence rates in the United States

Xiang Y. Han\*



- ✓ le alluvioni conseguenti ad eventi estremi e quelle stagionali sono associate all'aumento delle ospedalizzazioni per polmonite da *Legionella* in 25 stati USA nel periodo 2000 -2011;
- ✓ Negli eventi stagionali, le variabili metereologiche associate con l'aumento delle ospedalizzazioni erano l'umidità del suolo e le precipitazioni mensili.



UNIONE EUROPEA  
Fondo Sociale Europeo



UNIMORE  
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI  
MODENA E REGGIO EMILIA

**Dipartimento di Scienze Biomediche, Metaboliche e Neuroscienze - Sede di Modena**

**n. 1 posto di ricercatore universitario a tempo determinato di cui all'art. 24, comma 3 - lettera a), legge 240/10**

Settore concorsuale:	<b>06/M1 - IGIENE GENERALE E APPLICATA, SCIENZE INFERMIERISTICHE E STATISTICA MEDICA</b>
Settore Scientifico disciplinare:	<b>MED/42 - IGIENE GENERALE E APPLICATA</b>

**Specifiche funzioni che il Ricercatore dovrà svolgere attraverso l'indicazione di uno o più settori scientifico disciplinari (ex DM 855/2015), con la programmazione del Dipartimento coerentemente con le tematiche indicate nel DM 1062 del 10/08/2021:**

Il ricercatore svolgerà la propria attività di ricerca, didattica, didattica integrativa e di servizio agli studenti nell'ambito degli insegnamenti previsti dal SSD: MED/42 - IGIENE GENERALE E APPLICATA; SC 06/M1 - IGIENE GENERALE E APPLICATA, SCIENZE INFERMIERISTICHE E STATISTICA MEDICA nei corsi di laurea triennale e magistrale del Dipartimento di Scienze Biomediche, Metaboliche e Neuroscienze.

Il ricercatore svolgerà la sua attività nell'ambito del SSD MED/42, coerentemente con le tematiche indicate nel DM 1062 del 10.08.2021. Nello specifico, la proposta progettuale si inserisce all'interno dell'azione IV.6 - contratti di ricerca su tematiche Green del PON "Ricerca e Innovazione" 2014-2020, nonché di due dei sei grandi ambiti di ricerca e innovazione identificati dal Programma Nazionale per la Ricerca (PNR) 2021-2027: a) Clima, energia e mobilità sostenibili e b) Salute. Tali ambiti di ricerca risultano connessi con gli obiettivi del Green Deal europeo che prevede un piano di azione volto a ripristinare la biodiversità, a ridurre l'inquinamento e a promuovere l'uso efficiente delle risorse passando ad un'economia pulita e circolare.

In particolare, il ricercatore svolgerà la sua attività di ricerca e di laboratorio nell'ambito del progetto "Strategie innovative per la valutazione e riduzione dell'impatto del cambiamento climatico sulla qualità e salubrità delle risorse idriche" al fine di caratterizzare quali e quantitativamente le acque di approvvigionamento con particolare attenzione: (i) ai parametri microbiologici e chimici da tenere sotto controllo, (ii) alle ciclicità di accadimento di eventi estremi (siccità o alluvioni), (iii) alla possibilità di approvvigionamento da acque superficiali potenzialmente inquinabili, particolarmente nel territorio della regione Emilia Romagna caratterizzato da forte concentrazione di insediamenti umani, industriali ed agricoli, al fine di individuare e mettere in atto interventi di adattamento appropriati ed efficaci, (iv) alla identificazione precoce e alla prevenzione di emergenze sanitarie legate alla contaminazione microbiologica e chimica delle acque conseguente al cambiamento climatico.

**Responsabile scientifico: Prof.ssa Annalisa Bargellini**

**Titolo del progetto: Strategie innovative per la valutazione e riduzione dell'impatto del cambiamento climatico sulla qualità e salubrità delle risorse idriche.**

## PROGETTO

### “Strategie innovative per la valutazione e riduzione dell’impatto del cambiamento climatico sulla qualità e salubrità delle risorse idriche”

**Premessa:**

Obiettivo generale del progetto è valutare l’impatto dei cambiamenti climatici sulla qualità e salubrità delle risorse idriche, al fine di mettere in atto azioni finalizzate a mitigare gli effetti dovuti alla necessità di cambiare il tipo di approvvigionamento idrico o modificare la filiera di trattamento. In particolare, si fa riferimento all’esigenza di IREN in qualità di ente gestore di acquedotti di individuare risorse idriche alternative, che potrebbero presentare caratteristiche qualitative inferiori e quindi costituire una fonte di possibili rischi per la salute umana se non adeguatamente gestite.

#### Obiettivi specifici

- OS1 – Individuazione e caratterizzazione qualitativa dei casi studio e delle risorse idriche alternative;
- OS2 – Definizione di metodi analitici innovativi per una tempestiva valutazione della qualità e salubrità della risorsa idrica finalizzata alla tutela della salute della popolazione;
- OS3 – Individuazione di interventi di tutela e risanamento delle risorse idriche a minor impatto ambientale rispetto a trattamenti di tipo tradizionale per la riduzione delle criticità individuate;
- OS4 – Recepimento e integrazione dei precedenti obiettivi in un manuale metodologico a beneficio del gestore del servizio idropotabile (IRETI).



## 1. Individuazione e caratterizzazione qualitativa dei casi di studio

Individuazione dei casi di studio ed eventuali risorse alternative:

1. Acqua di subalveo: acquedotto di Cerezzola (Reggio Emilia)
2. Acqua di falda: campo pozzi di Quercioli nel comune di Cavriago (RE)
3. Acqua da invaso superficiale: uno degli invasi del Gorzente che alimentano l'acquedotto di Genova





## 1. Individuazione e caratterizzazione qualitativa dei casi di studio

### Caratterizzazione dei casi studio

Per ciascun caso studio scelto, dovranno essere riportati i seguenti dati:

- sistema acquedottistico individuato e tipologia della risorsa utilizzata (pozzo, sorgente, corso d'acqua, lago naturale, bacino artificiale, acqua marina, ecc.);
- abitanti serviti (residenti e fluttuanti) da ciascuna risorsa, attuali e in prospettiva;
- volumi e portate medie annuali e mensili (per calcolare un andamento stagionale), disponibili e/o derivate;
- impianto di potabilizzazione e descrizione della filiera di trattamento;
- numero e descrizione dei punti di controllo previsti dal piano di campionamento;
- parametri monitorati da D.Lgs. 31/2001 e da altri riferimenti applicabili ed eventuali altri parametri aggiuntivi, con il dettaglio della periodicità e dei metodi analitici utilizzati;
- esiti delle analisi degli ultimi 10 anni;
- criticità riscontrate sia a livello quantitativo che a livello qualitativo per superamento dei parametri monitorati e/o per trend in crescita di uno o più parametri monitorati anche senza registrazione di superamento;
- interventi attuati in risposta alle anomalie riscontrate;
- accadimento di eventi estremi (siccità, alluvioni, ecc.): descrizione, riferimento temporale, criticità riscontrate per superamento e/o per trend in crescita dei parametri monitorati da D.Lgs. 31/2001 e di altri parametri aggiuntivi determinati a seguito dell'evento, interventi attuati
- Piano di Sicurezza dell'Acqua (PSA), se disponibile.

- **Predisposizione della scheda di raccolta dati per la caratterizzazione qualitativa dei casi di studio**
- **Effettuazione di sopralluoghi**



## 2. Analisi dei dati con individuazione di criticità presenti e potenziali - **CASO DI STUDIO 1**

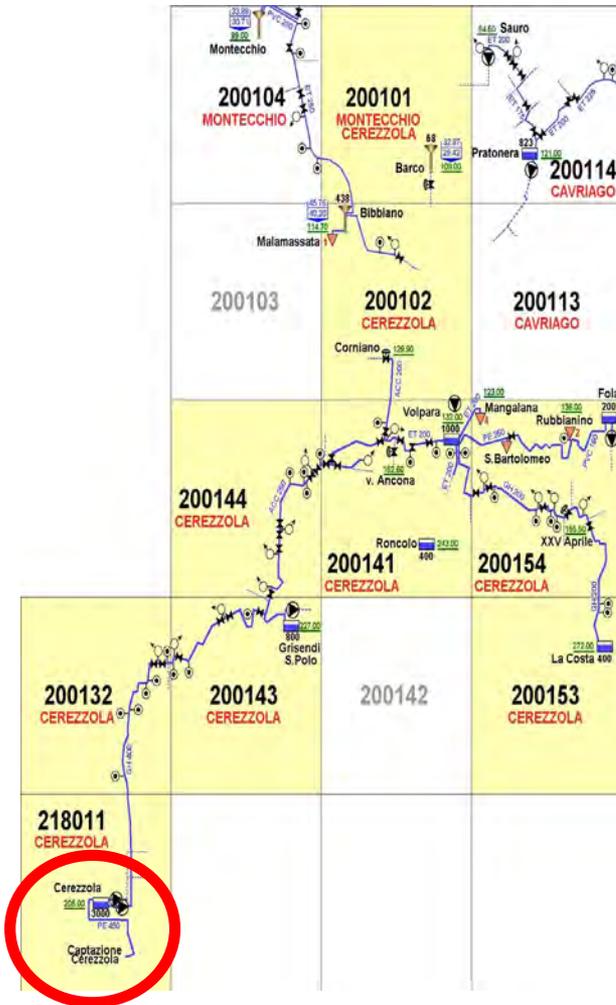
### 1. **ACQUEDOTTO DI CEREZZOLA**

fonte principale: acqua di subalveo del torrente Enza attraverso una tubazione circa lunga 100 m realizzata ad una profondità di 8 metri rispetto all'alveo

- Per quanto riguarda il punto «accadimento di eventi estremi (siccità, alluvioni, ecc.): descrizione, riferimento temporale, criticità riscontrate per superamento e/o per trend in crescita dei parametri monitorati da D.Lgs. 31/2001 e di altri parametri aggiuntivi determinati a seguito dell'evento, interventi attuati»

... non sono stati descritti eventi estremi

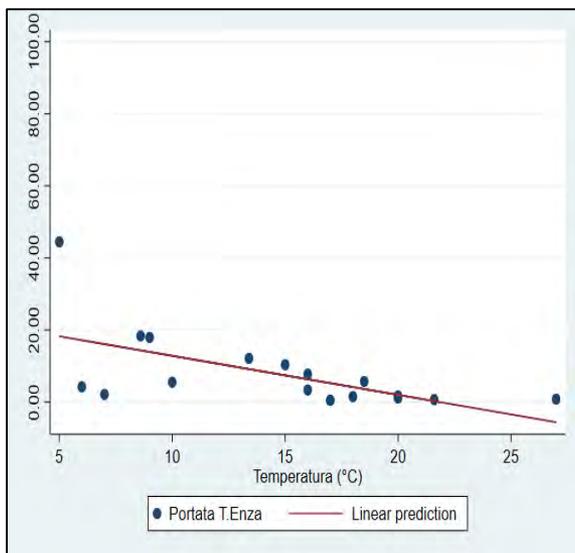
- vengono tenuti monitorati i **pozzi di Mangalana** (risorsa alternativa) per un problema di superamento del valore di parametro dei nitrati (50 mg/l)



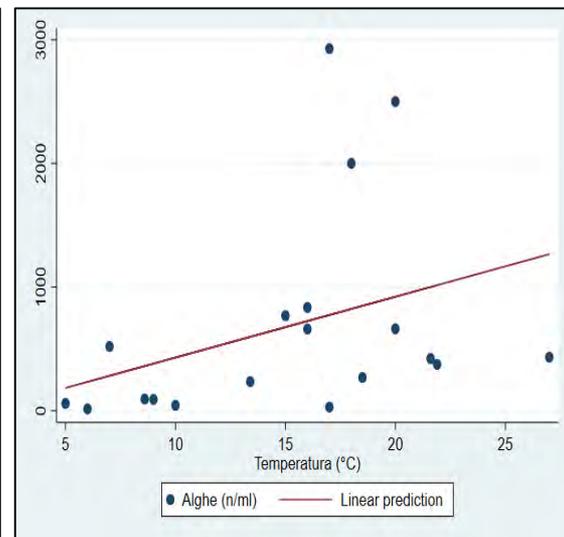
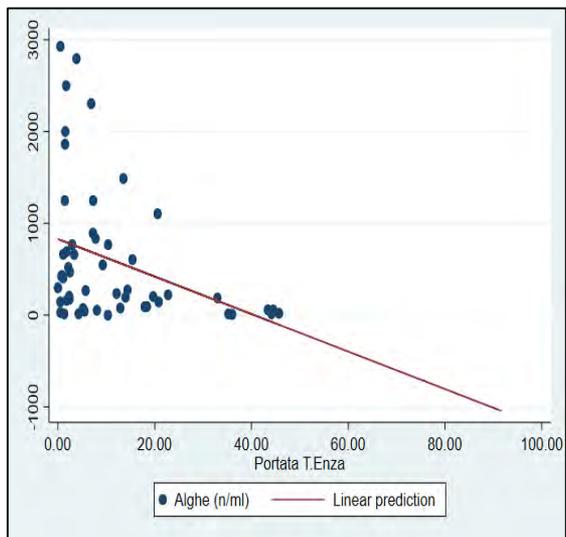


## 2. Analisi dei dati con individuazione di criticità presenti e potenziali - **CASO DI STUDIO 1**

### Relazione tra portata e temperatura del torrente Enza



### Relazione tra presenza di alghe (n/ml) con portata e temperatura del torrente Enza



**Non si sono evidenziate correlazioni relativamente agli altri parametri biologici**

**Decreto Legislativo 23 febbraio 2023 , n. 18.**

Attuazione della direttiva (UE) 2020/2184 del Parlamento europeo e del Consiglio, del 16 dicembre 2020, concernente la qualità delle acque destinate al consumo umano:

**IN CASO DI POTENZIALI FIORITURE ALGALI**

**Microcistina-LR 1,0 µg/l**

Lucentini L, Ottaviani M, Gruppo nazionale per la gestione del rischio cianobatteri in acque destinate a consumo umano (Ed). *Cianobatteri in acque destinate al consumo umano. Stato delle conoscenze per la valutazione del rischio. Volume 1.* Roma: Istituto Superiore di Sanità; 2011. (Rapporti ISTISAN 11/35 pt 1).

Lucentini L, Ottaviani M, Gruppo nazionale per la gestione del rischio cianobatteri in acque destinate a consumo umano (Ed). *Cianobatteri in acque destinate a consumo umano. Linee guida per la gestione del rischio. Volume 2.* Roma: Istituto Superiore di Sanità; 2011. (Rapporti ISTISAN 11/35 pt. 2).

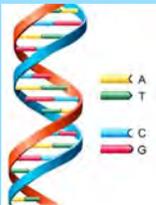


### 3. Definizione di metodi analitici innovativi per una tempestiva valutazione della qualità e salubrità della risorsa idrica - **CASO DI STUDIO 1**



#### PROSSIMI PASSI:

- ✓ campionamenti periodici per la caratterizzazione, mediante applicazione della metagenomica, della comunità microbica (inclusi cianobatteri e legionelle) del fiume Enza con contestuale misurazione della temperatura per evidenziare eventuali variazioni stagionali;
- ✓ analisi per la ricerca di *Legionella* spp. con metodo colturale e/o molecolare sugli stessi campioni.



La metagenomica è un approccio basato sull'utilizzo di tecniche genomiche moderne come le **TECNOLOGIE NGS (Next Generation Sequencing)** per lo studio di comunità microbiche direttamente nel loro ambiente naturale

➤ Permettono di **superare i limiti delle tecniche colturali tradizionali:**

- crescita difficoltosa della maggior parte dei microorganismi ambientali sui terreni di coltura (Badhai J et al. 2015)
- mancata identificazione e quantificazione di patogeni opportunisti presenti in uno stato silente ma infettivo (batteri vitali ma non coltivabili) (Ramamurthy T et al. 2014)

➤ Forniscono in tempi rapidi **l'analisi complessiva dell'intero profilo microbico**

- presente in un determinato momento in un determinato habitat, in maniera indipendente dalla coltura (Tan BF, et al. 2015)
- **"microbiota"** indica la totalità di organismi microbici presenti in un particolare ambiente
  - **"microbioma"** fa riferimento all'informazione genetica insita nel microbiota stesso.

Nell'epidemia delle province di Brescia e Mantova, 28 casi sono confermati e 77 probabili.

I 7 ceppi clinici isolati sono stati tipizzati come segue: 3 Lp2 ST1455; 2 Lp1 ST23, 1 Lp1 ST62 e 1 Lp1 ST328.

La tipizzazione diretta del DNA di Legionella nei campioni respiratori risultati positivi, ovvero la nested-SBT, ha dato i seguenti risultati: ST1455 in un campione, un ST molto simile all'ST1455 in 5 campioni e un ST dissimile dall'ST1455 nei rimanenti campioni.

Tra i campioni ambientali analizzati, una correlazione genomica è stata riscontrata solo con ceppi isolati dal fiume Chiese (*L. pneumophila* sierogruppo 2 ST1455). Tuttavia, in questa epidemia la fonte di infezione è rimasta sconosciuta poiché è difficile spiegare, anche attraverso l'ausilio delle indagini epidemiologiche, come la presenza di Legionella nel fiume possa aver trasmesso l'infezione a un così elevato numero di persone.

Delibera del Consorzio Bonifica del Chiese n.8/18 del 16 agosto: **ridotta portata di acqua del fiume**

## CAPITOLO 7: CONDIZIONI METEOROLOGICHE

L'evento epidemico è temporalmente coinciso con eventi meteorici di forte intensità che certamente hanno avuto un ruolo assai significativo nel determinarsi di condizioni favorevoli alla diffusione di aerosol infettanti.

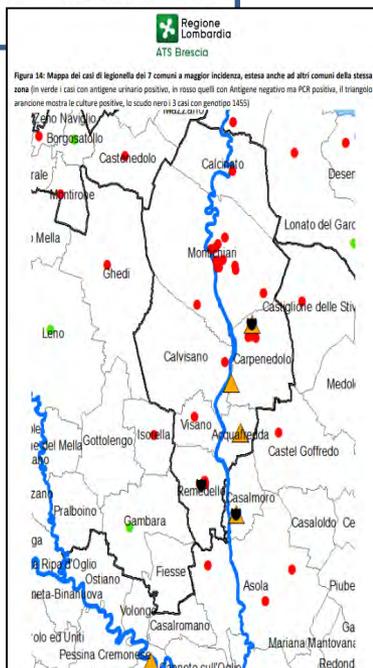
Si riporta una registrazione degli eventi meteorologici più significativi verificatisi nell'area dei comuni tra Carpenedolo e Montichiari (BS) nel mese di agosto 2018: si notino le due intense precipitazioni verificatesi nei giorni 25 e 31 agosto. Dopo un periodo di caldo intenso, i temporali del 25 e del 31 agosto hanno assunto una forte intensità, con un abbassamento repentino della temperatura. L'evaporazione che ha seguito gli eventi di carattere temporalesco intenso può aver favorito la formazione di aerosol che in presenza di fonti contaminate da legionella ne hanno consentito la diffusione ambientale con conseguente possibilità di inalazione.

## SCENARI FUTURI

L'azione di prevenzione, non potendo agire sugli eventi meteorologici, deve dirigersi verso la riduzione significativa del rischio di contrarre la malattia, attraverso il contenimento della carica microbica ambientale disponibile a diffondersi per aerosol.

Il risultato in tal senso dovrebbe essere ottenuto con i seguenti interventi:

- ✓ adozione di procedure rigorose di gestione di impianti idrici, nel rispetto delle temperature di sicurezza, sia per l'acqua fredda che calda;
- ✓ procedure di bonifica corrette, sia in termini di modalità che di cadenza, di tutti gli impianti industriali e non, che possano dare origine ad aerosol;
- ✓ utilizzo delle acque del fiume Chiese che tenga conto dei periodi di siccità e dell'importanza del garantire il deflusso minimo vitale per l'equilibrio ecologico del fiume stesso: se l'acqua scorre non si riscalda, non crea sacche di acqua ferma, migliora la ossigenazione, gli inquinanti vengono diluiti ed i suoi meccanismi di autodepurazione non vengono inibiti.



# TAKE HOME MESSAGES

- ✓ Gli eventi atmosferici estremi conseguenti al riscaldamento globale (periodi di siccità e caldo seguiti da forti precipitazioni) diventeranno sempre più frequenti, intensi e duraturi, creando condizioni favorevoli alla proliferazione di *Legionella* nell'ambiente;
- ✓ L'aumento della carica di *Legionella* negli ambienti naturali inevitabilmente porterà ad un aumento della contaminazione degli ambienti idrici artificiali;
- ✓ Il progressivo invecchiamento della popolazione si tradurrà in un aumento della frazione di soggetti vulnerabili e a maggior rischio di contrarre una polmonite da *Legionella* con esito infausto;
- ✓ Per ridurre il rischio di malattia sarà necessaria una sempre maggiore attenzione alla progettazione, alla prevenzione e al controllo della contaminazione degli impianti tecnologici a rischio, anche alla luce del nuovo decreto n.18 del 23 febbraio 2023 relativo alla qualità dell'acqua destinata al consumo umano, in cui *Legionella* è indicata tra i parametri che devono essere controllati negli impianti idrici all'interno degli edifici prioritari.



## Gruppo di ricerca «Igiene ambientale»



**Prof. Annalisa  
Bargellini**



**Dr. Isabella  
Marchesi**



**Dr. Stefania  
Paduano**



**Dr. Giuseppina  
Frezza**



**Dr. Sara  
Turchi**



**Prof. Paola  
Borella**

**GRAZIE PER L'ATTENZIONE!**