



 POLITECNICO DI MILANO



## **Legionella, impianti idrici e di condizionamento**

**Cesare Maria Joppolo - Luca Molinaroli**

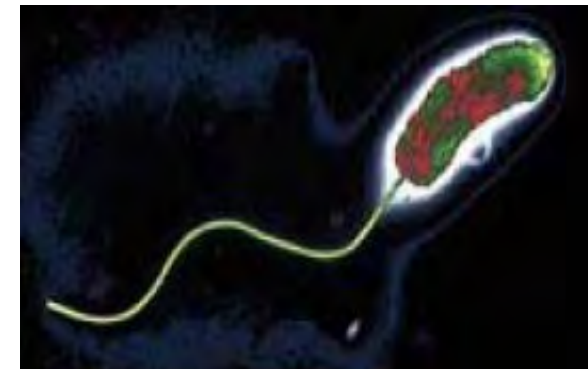
**Dipartimento di Energetica - Politecnico di Milano**



- Introduzione
- Legionella ed Impianti Idrici
- Legionella e Torri di Raffreddamento
- Legionella ed Impianti di Condizionamento



Con il nome Legionella si identifica un gruppo di batteri costituito da circa 44 specie, suddivise in 70 sierogruppi. Circa la metà di queste risultano patogene ed in particolare la Legionella pneumophila di sierogruppo 1 e 6 è quella maggiormente implicata nella patologia umana. Sono dei microrganismi aerobi che si nutrono del materiale organico presente nell'ambiente e sono sensibili alla presenza del ferro, un elemento che stimola il loro metabolismo





## Legionella: batterio ubiquitario

5

Il batterio è presente a basse concentrazioni negli ambienti acquatici naturali (laghi, fiumi, sorgenti, acque termali...) ed artificiali (reti di acquedotto, impianti idrici dei singoli edifici, piscine...) senza che ciò dia luogo ad alcuna patologia in quanto la Legionella é presente con concentrazioni basse (spesso non rilevabili analiticamente).

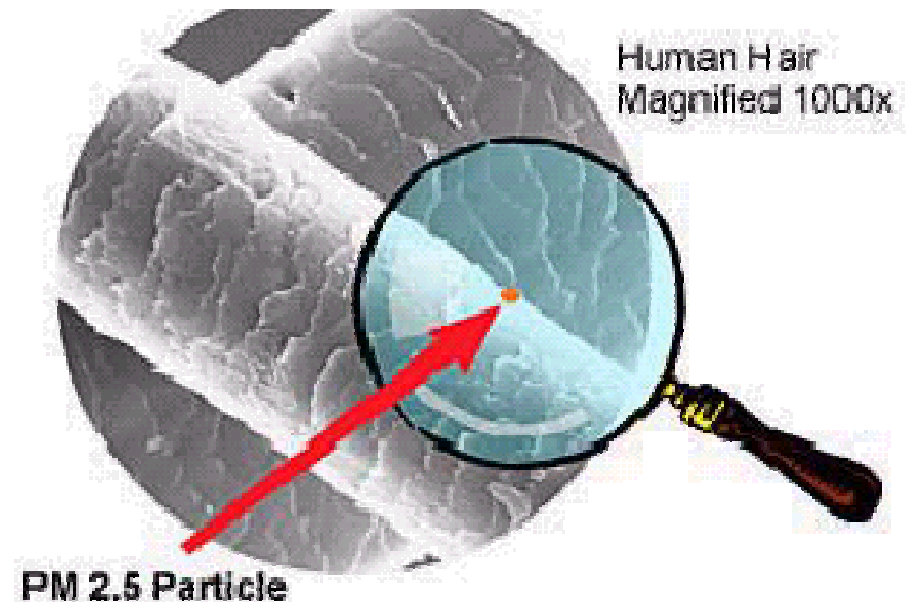
Le patologie possono invece insorgere soltanto quando il batterio prolifera e si porta a concentrazioni elevate in sistemi idrici artificiali che non siano adeguatamente progettati, realizzati e mantenuti.



## Legionella: dimensione dei batteri

6

Sono caratterizzate da una forma bastoncellare con dimensioni comprese tra gli  $0,3 \mu\text{m} \div 0,9 \mu\text{m}$  di larghezza e  $1 \mu\text{m} \div 5 \mu\text{m}$  di lunghezza. Possiedono uno o numerosi flagelli, mediante i quali possono spostarsi nel loro ambiente.



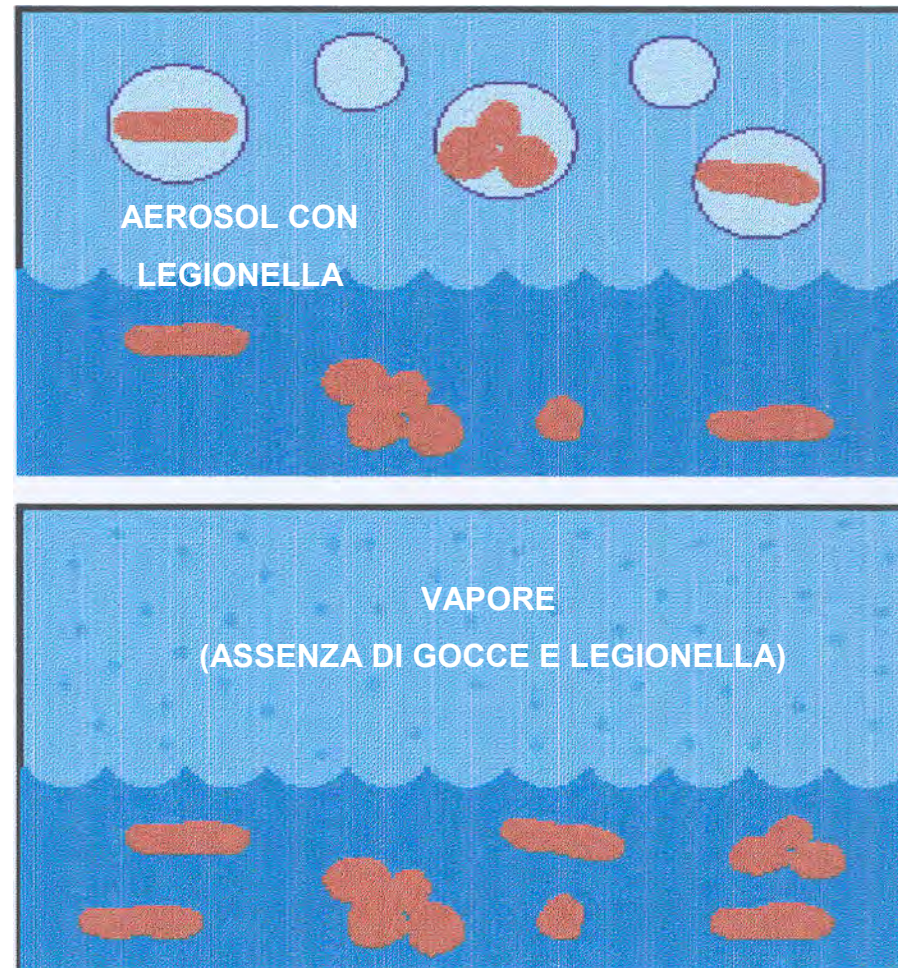


## Legionella: trasporto dei batteri

7

Acqua può formare goccioline di piccole dimensioni (5  $\mu\text{m}$ ) che, **SE TRASCINATE DALL'ARIA**, possono veicolare la Legionella

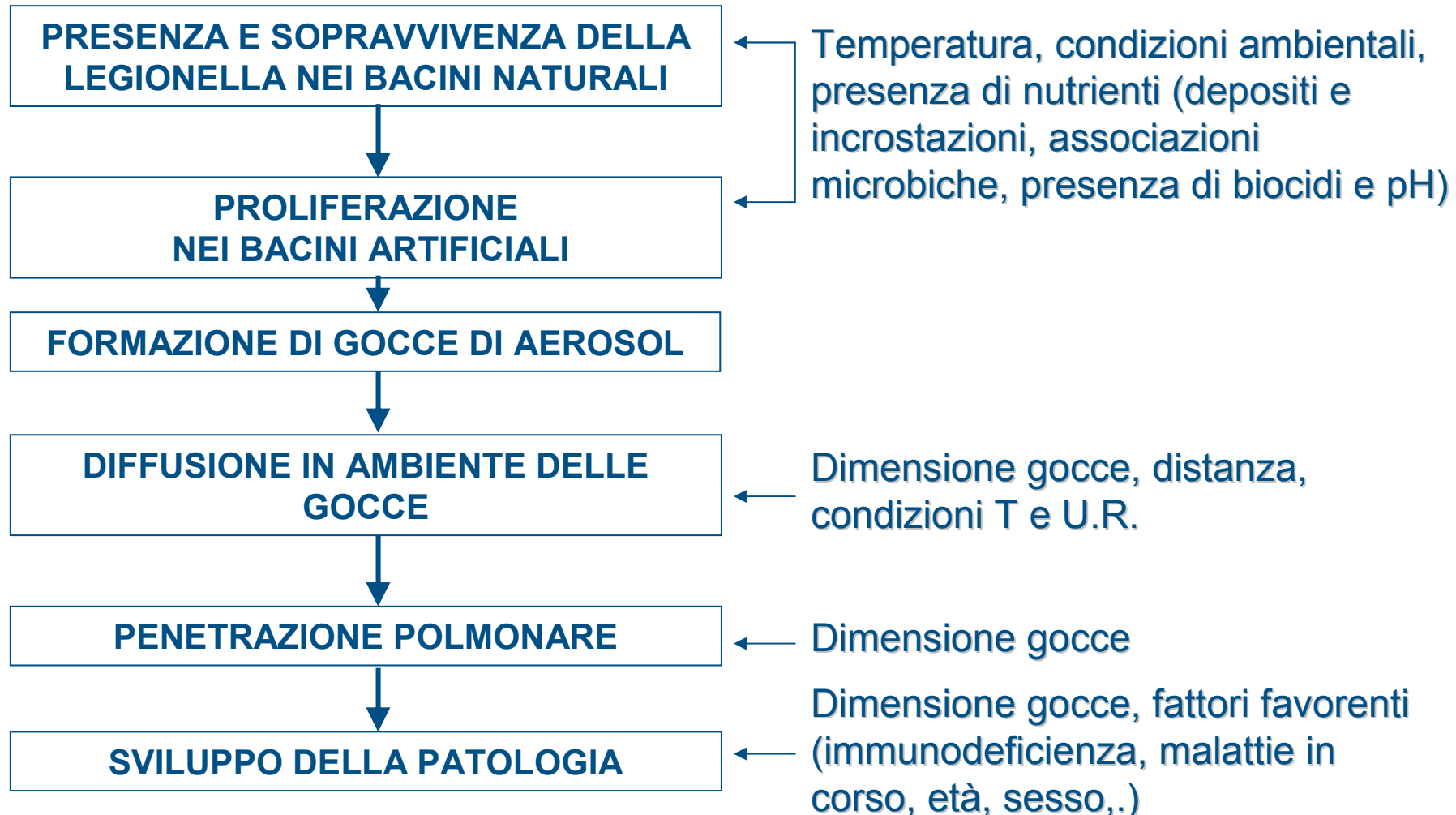
Il batterio **NON** è trasportato dal vapore anche se l'acqua è contaminata poiché le dimensioni delle gocce d'acqua che costituiscono il vapore sono modeste e tali da non essere un efficace veicolo per il batterio.





## EVENTO

## FATTORI FAVORENTI





Condizioni favorevoli alla proliferazione della Legionella:

1. Temperatura dell'acqua compresa nell'intervallo 25 °C ÷ 45 °C
2. Condizioni di stagnazione
3. Presenza di incrostazioni e di sedimenti, patine di contaminanti biologici (biofilm), presenza di amebe
4. Presenza di alcuni materiali plastici, di gomme naturali, di legno (alcuni materiali, specificatamente il rame, hanno invece un effetto inibente)
5. Presenza di comunità microbiche complesse (nutrienti e protezione dall'ambiente esterno).



## Legionella: condizioni termiche

10

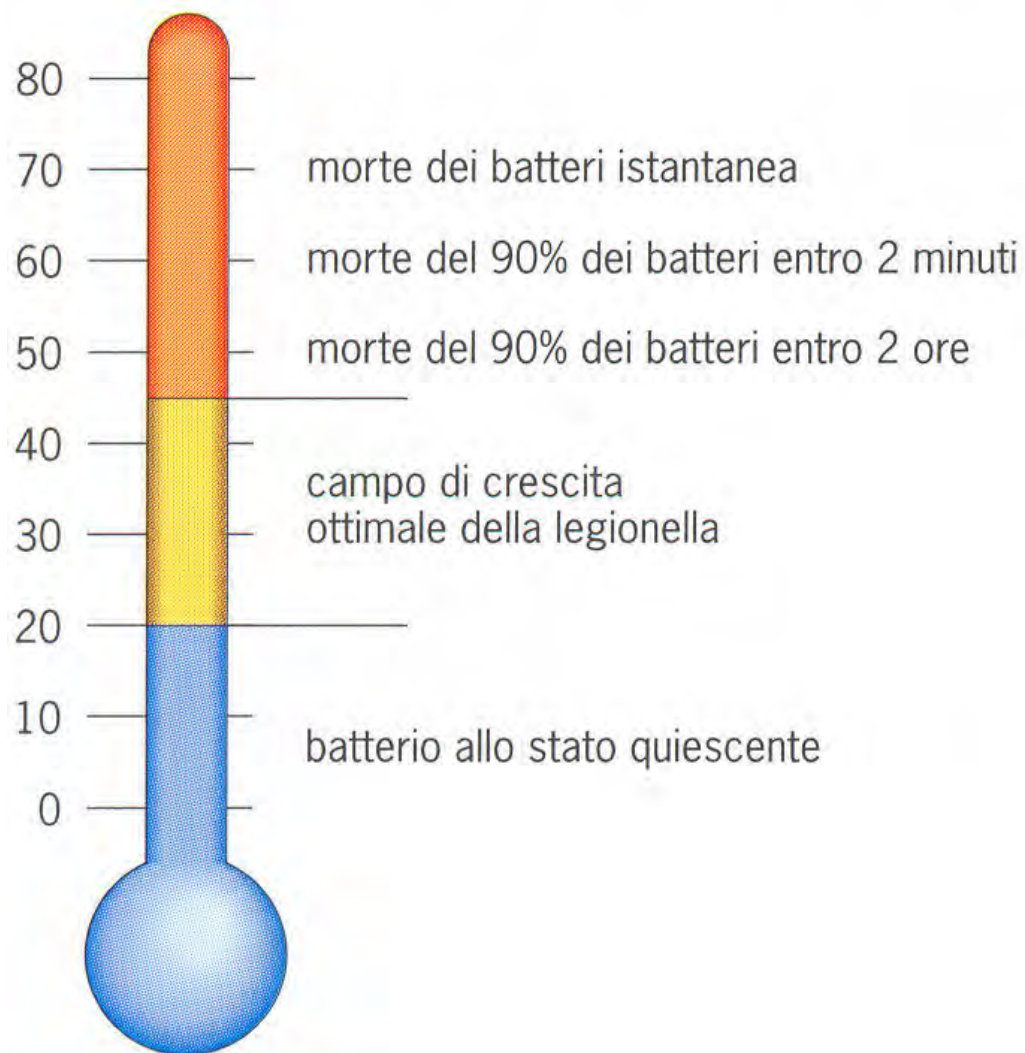


Diagramma di Hogdson -  
Casey

La temperatura è  
fattore fisico con un ruolo  
fondamentale nella  
proliferazione  
e nella eliminazione della  
Legionella



## FATTORI FAVORENTI LA PROLIFERAZIONE

- Temperatura adeguata
- Acque poco pulite
- Depositi di polveri, scorie varie e sedimenti
- Superfici ruvide (arrugginite, corrose, incrostate, ecc)
- Nutrimento (presenza di altri microrganismi vivi o morti, Biofilm, scorie)

## FATTORI FAVORENTI LA TRASMISSIONE

- Formazione di gocce e trasporto di un aerosol con diametri da 1 a 5 micron
- Moti dell'aria ed elevata umidità relativa



E' utile eseguire campionamenti per la ricerca di Legionella in assenza di casi?

SORVEGLIANZA AMBIENTALE: SI o NO?

Esistono due correnti di pensiero, quelli favorevoli ai campionamenti routinari (in assenza di casi) e quelli contrari (campionamento solo in presenza di casi).

Il monitoraggio è utile quando si vuole verificare:

- La presenza/assenza di Legionella in un ambiente in seguito ad un evento
- L'efficacia di un protocollo di bonifica
- L'efficacia delle misure di prevenzione
- L'efficacia della corretta esecuzione della manutenzione
- Identificare i focolai di infezione
- In ambiente ospedaliero per tutelare i pazienti a rischio.



E' necessario effettuare un campionamento dell'acqua per la ricerca della Legionella soprattutto negli ambienti idrico artificiali (impianti idrici, torri evaporative, idromassaggi, apparecchiature mediche per la respirazione, stabilimenti termali) limitando i prelievi ai punti che maggiormente possono essere critici in base alla struttura dell'impianto.

Acqua potabile:

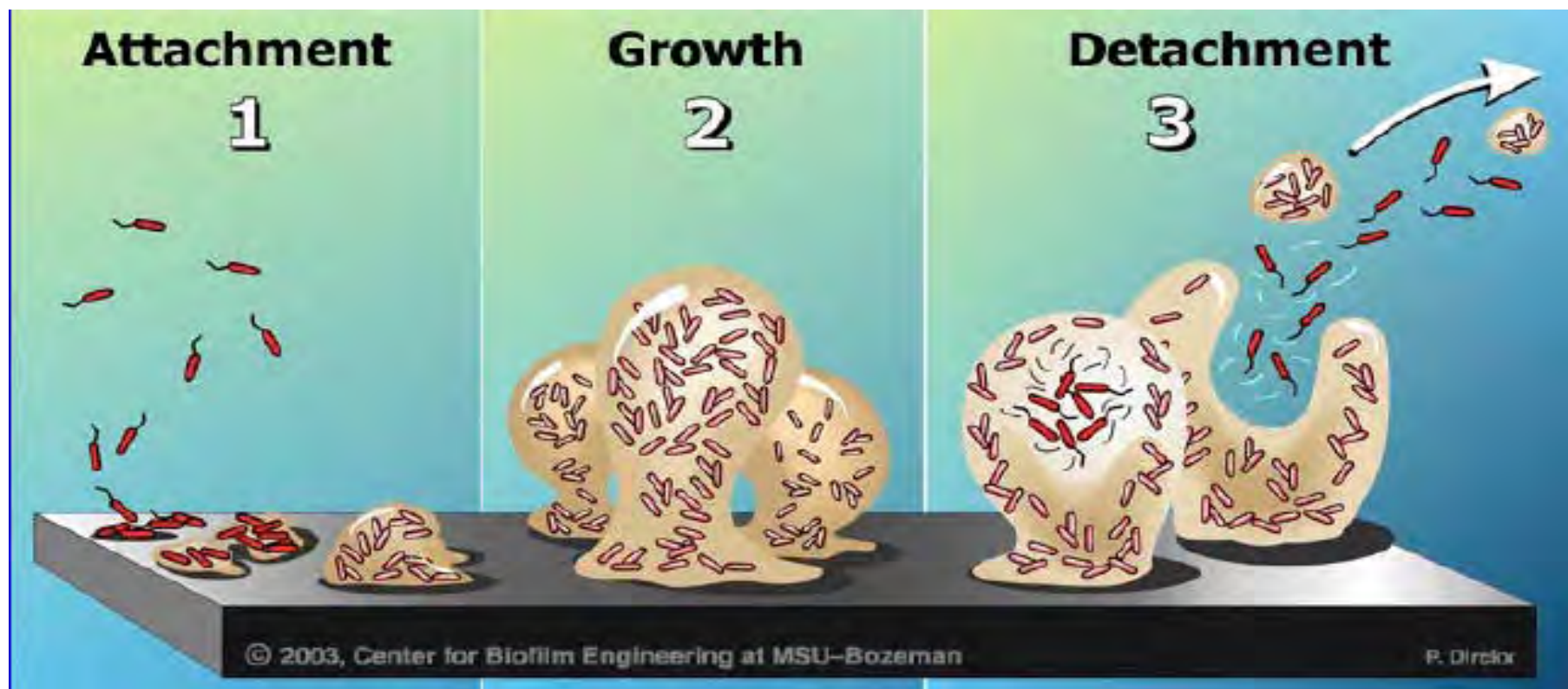
- Riscaldatori dell'acqua, dallo scarico (acqua ed eventuale sedimento)
- Monte e valle del riscaldatore e rete di ricircolo
- Punto più distale dell'anello di distribuzione
- Autoclavi e cisterne di accumulo

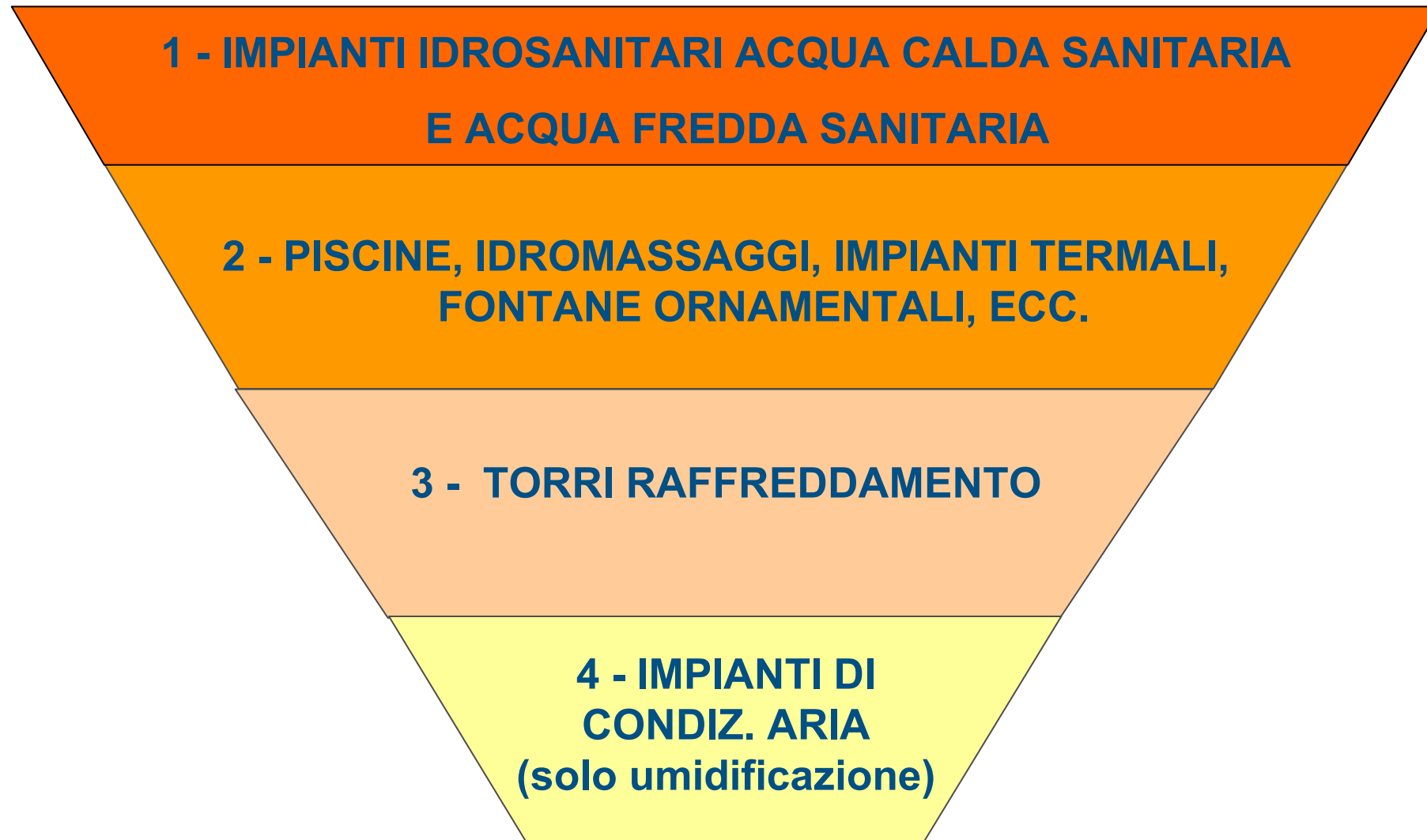
Uscite dell'acqua alla fine della distribuzione:

- Rubinetti dell'acqua calda i più distali, uno per ogni montante (acqua fredda solo se temperatura superiore a 20°C)
- Soffioni docce
- Depositi ("fanghi") da serbatoi e altri punti di raccolta dell'acqua



Problema del rilascio intermittente. Rischio di sottostima (falsi negativi) o di sovrastima a seconda del momento in cui il campione è prelevato







1. Impianti di produzione, distribuzione ed utilizzo di acqua calda sanitaria (terminali e, in particolare, docce)
2. Vasche, piscine (relax o terapia), idromassaggi, cure termali, ecc.
3. Apparecchi medici per trattamenti respiratori (utilizzo acqua di rete)
4. Reti acqua fredda quando per condizioni esterne o contiguità con reti acs possano permanere a temperature di proliferazione
5. Torri di raffreddamento utilizzate per lo smaltimento in ambiente di calore refluo da macchine frigorifere e impianti
6. Apparati di umidificazione (invernale) dell'aria con acqua liquida (impianti di condizionamento, serre, espositori alimenti, ...)



Perché un impianto idrico è “a rischio” Legionella:

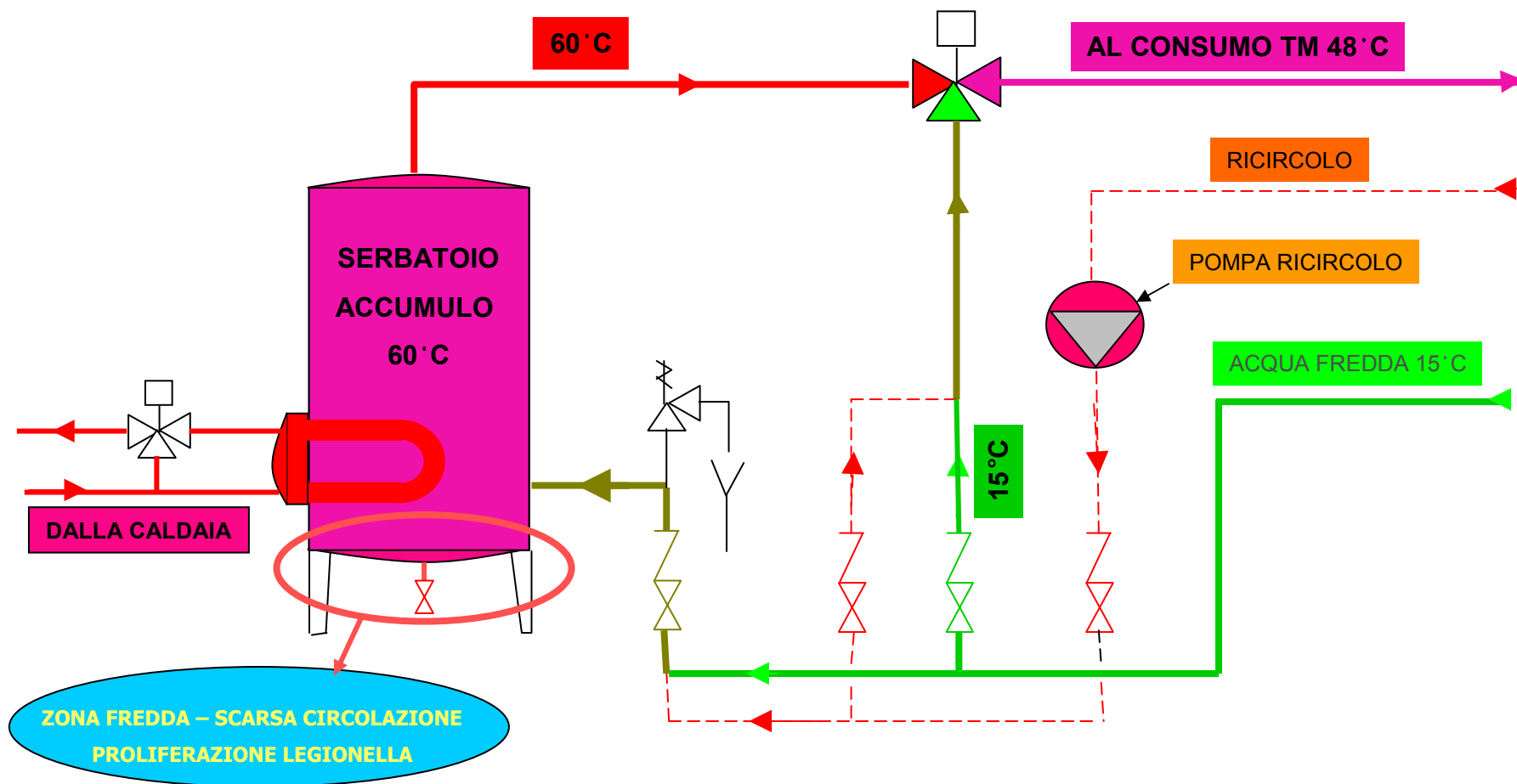
- Serbatoi di acqua calda e fredda
- Acqua calda con temperatura compresa tra 20°C e 45°C
- Tubazioni con portata scarsa o assente (rami “morti”, stanze non occupate)
- Depositi di biofilm e incrostazioni sulle pareti delle tubazioni e dei serbatoi
- Gomma e materiali sintetici
- Produttori di acqua calda e serbatoi di accumulo
- Calcare nelle tubazioni, docce e rubinetti



1. Sistemi idrici complessi, per numero e tipologia di terminali, e per la elevata estensione delle reti specie quando comprendono rami di ricircolo
2. Le temperature delle reti acqua calda ed acqua fredda possono fluttuare e rientrare nei range in cui la Legionella prolifera a causa delle condizioni meteo esterne
3. L'utilizzo delle reti e dei terminali idraulici sono intermittenti e con picchi di richieste d'acqua in particolari periodi del giorno o della notte
4. Ristrutturazioni ed estensioni degli edifici possono determinare carichi aggiuntivi per il sistema ACS senza che il generatore esistente abbia potenza sufficiente per mantenere le temperature di circolazione nell'intero sistema
5. In zone nelle quali l'approvvigionamento idrico è (stagionalmente) insufficiente possono aversi condizioni di alimentazione discontinua e con acqua di qualità fortemente variabile, determinando necessità di monitoraggio ed intervento più frequente sui trattamenti delle acque
6. Il personale addetto agli impianti solo in pochi casi è formato specificamente al controllo della Legionella (eventualmente il personale è "stagionale" e quindi non adeguatamente formato)



## Sistema centralizzato + accumulo





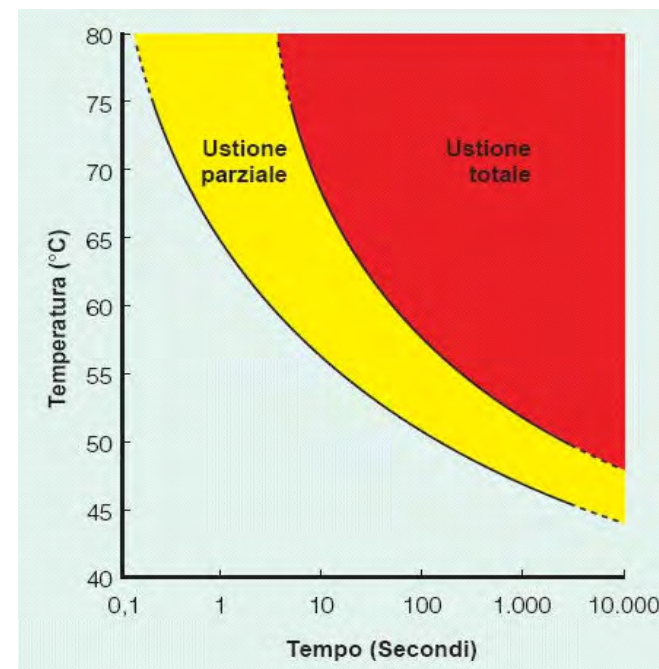
## Impianti di Produzione ACS: alta T

23

Temperatura	Adulti	Bambini 0-5 anni
70°C	1 sec	--
65°C	2 sec	0,5 sec
60°C	5 sec	1 sec
55°C	30 sec	10 sec
50°C	5 min	2,5 min

TEMPERATURE CONSIGLIATE			
bidet	38°C	lavabo	41°C
docce	41°C	vasca da bagno	44°C

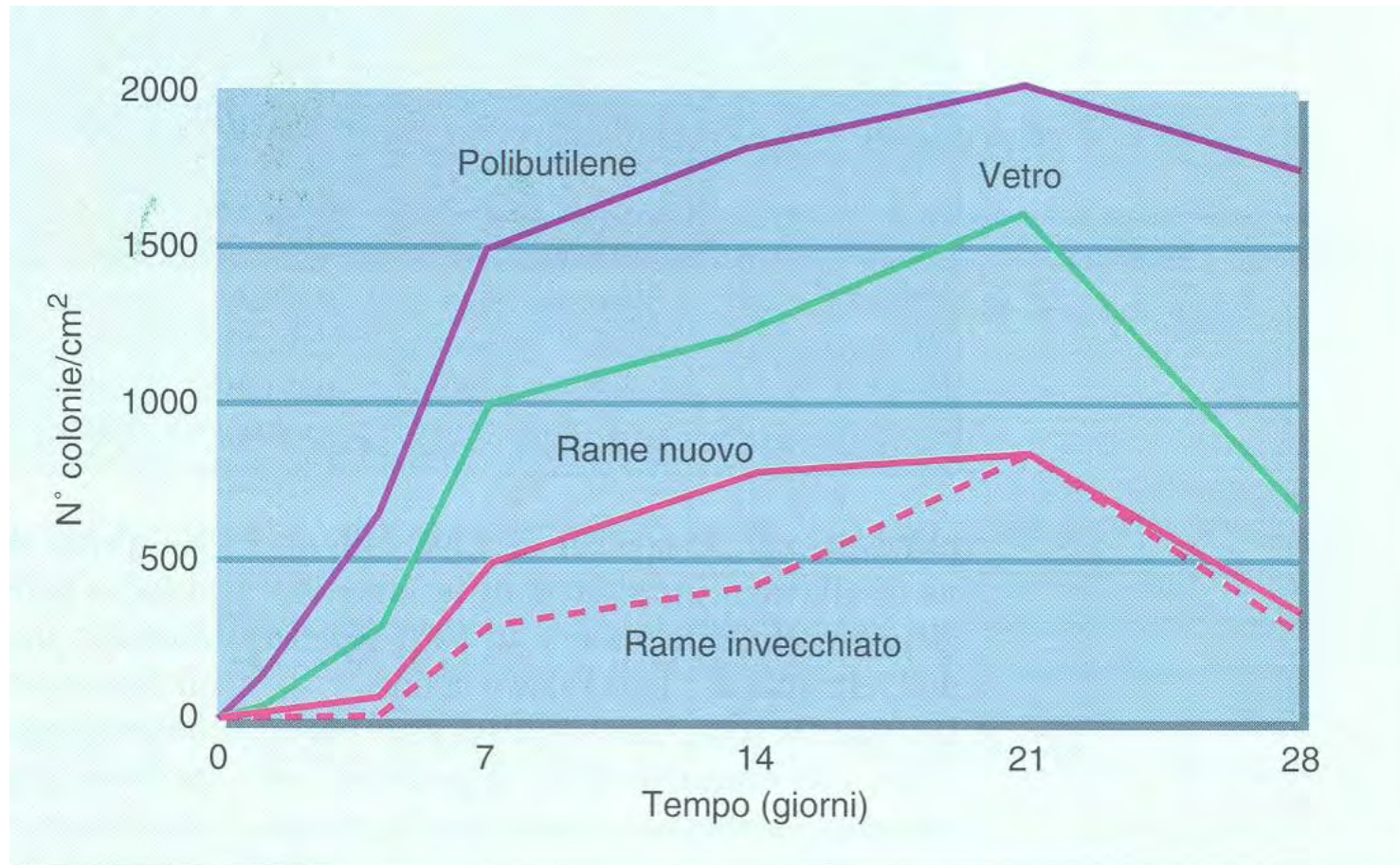


Alle scottature di acqua calda sono esposte soprattutto le persone più indifese: anziani, portatori di handicap e bambini

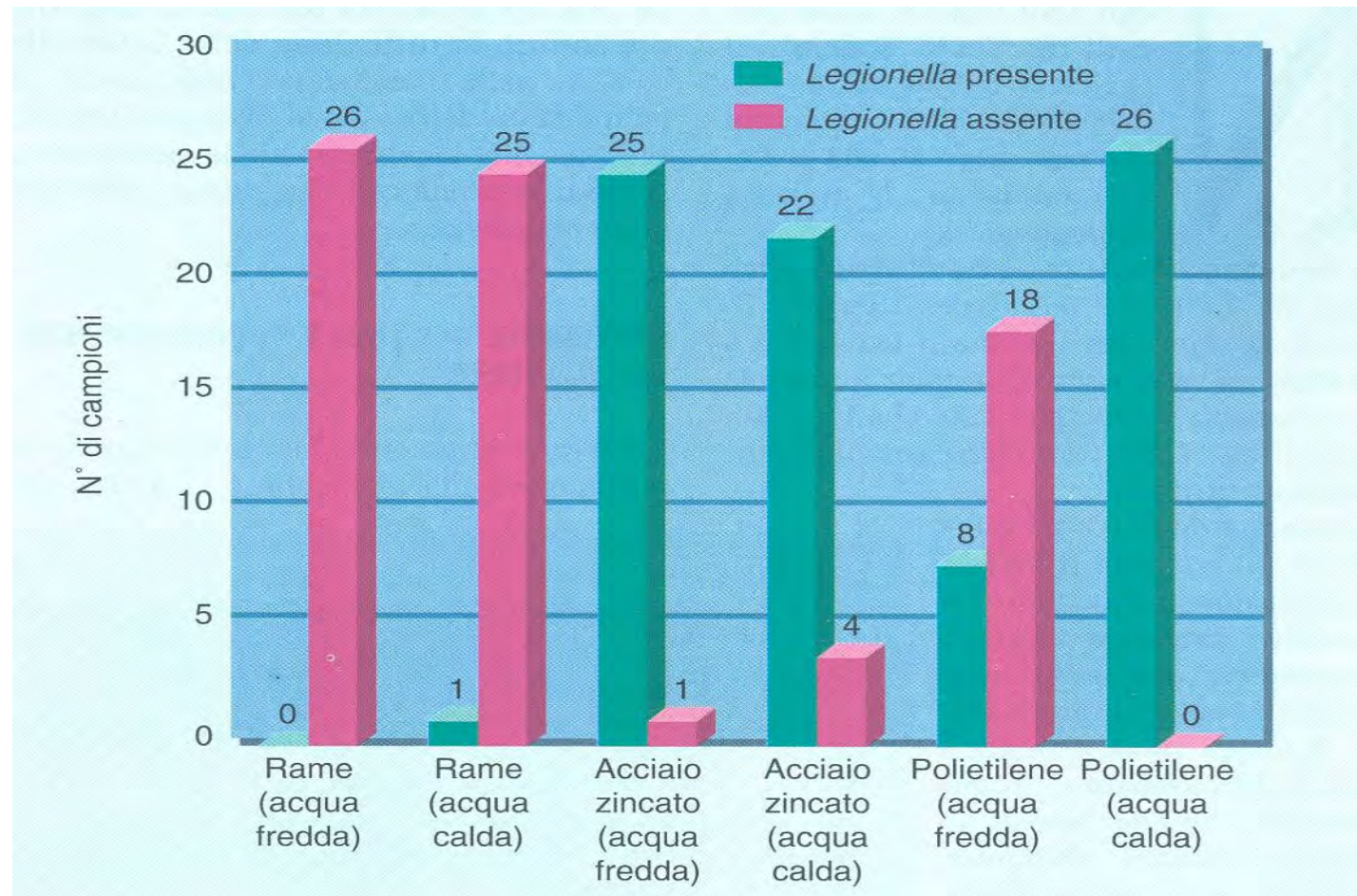
Oltre il 90% delle scottature è legato all'uso di vasche da bagno e docce

Una possibile soluzione è l'installazione di limitatori di temperatura per ogni apparecchio





Colonizzazione superficiale di materiali differenti utilizzati nei circuiti idraulici



Effetti di materiali diversi sull'incidenza della Legionella. I campioni d'acqua sono stati prelevati dall'impianto di acqua calda e fredda di un ospedale.



## TECNICHE CHIMICHE

IPER CLORAZIONE  
SHOCK  
CONTINUA

IONIZZAZIONE  
RAME ARGENTO

PEROSSIDO DI  
IDROGENO E ARGENTO

BIOSSIDO  
DI CLORO

OZONO

## TECNICHE FISICHE

SHOCK TERMICO  
PROGRAMMATO  
SALTUARIO

TRATTAMENTO TERMICO  
CONTINUO

TRATTAMENTO TERMICO  
CONTINUO  
PASTORIZZAZIONE

MICRO FILTRAZIONE  
EROGAZIONE FINALE  
RUBINETTI DOCCE

MICRO FILTRAZIONE  
IN CENTRALE  
PRODUZIONE ACS

RAGGI ULTRAVIOLETTI  
IN CENTRALE  
PRODUZIONE ACS



# Shock Termico/Trattamento Termico Continuo

27

## Shock termico

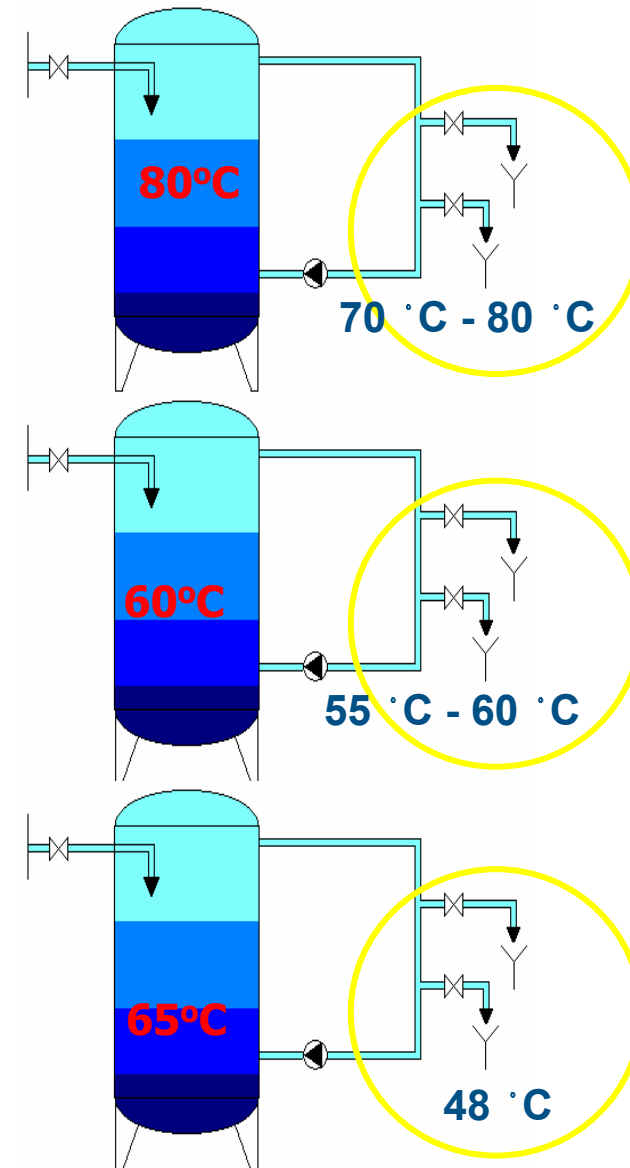
Aumento della temperatura dell'acqua calda a 70 °C - 80 °C continuativamente per 3 gg. con scorrimento per 30 min. (temperatura minima ai punti distali 60 °C)

## Mantenimento in temperatura

Mantenimento costante della temperatura tra 55 °C - 60 °C all'interno della rete di distribuzione acqua calda

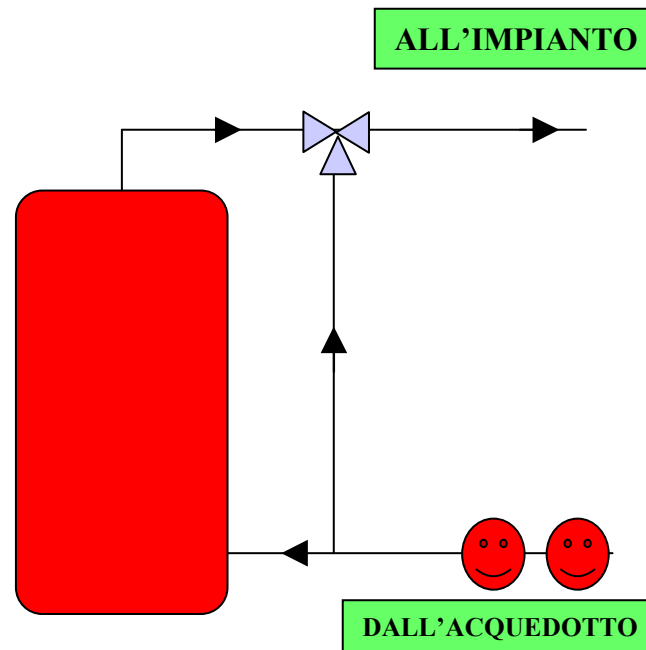
## Trattamento termico continuo (Pastorizzazione)

Mantenimento costante della temperatura del bollitore a 65 °C e rete a 48 °C, con sistema di raffreddamento dell'acqua della rete di distribuzione acqua calda



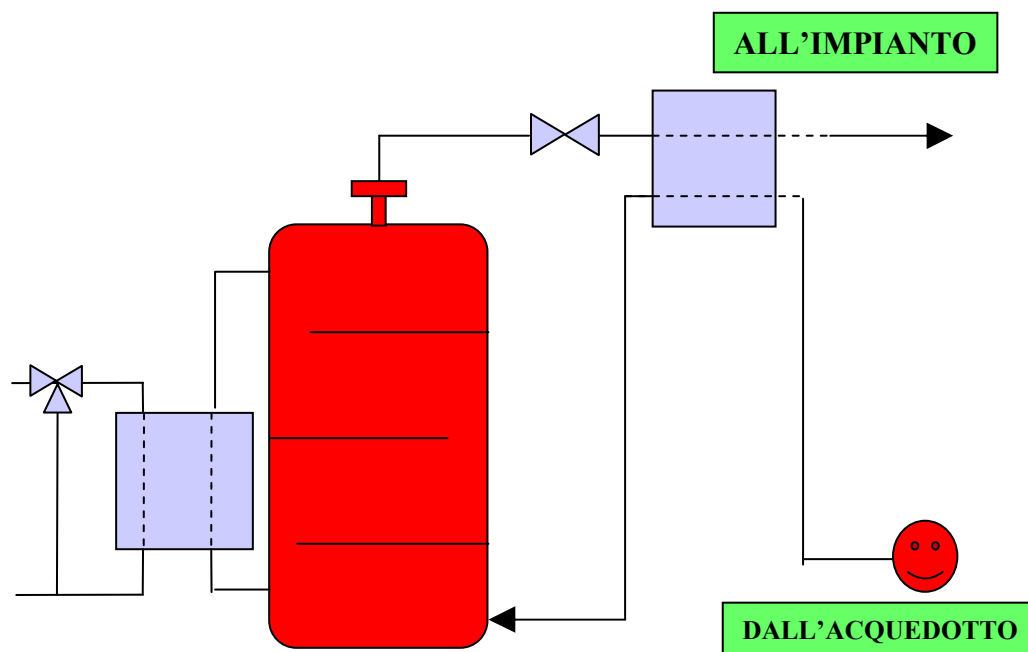


## Sistema classico





## Sistema Legionella Free





1. Efficacia nell'eliminazione del batterio:  
Reti nuove  
Reti esistenti (con presenza significativa di Legionella)
2. Senza utilizzo di sostanze chimiche
3. Senza comportare incrementi significativi di consumi energetici
4. Materiali
5. Semplicità nella gestione e manutenzione

## SICUREZZA



1. Costo energetico pompa di ricircolo bollitore e costo aggiuntivo apparecchiature
2. L'acqua della rete a 48 °C non causa azione corrosiva (tubazioni zincate) né incrostazioni
3. La disinfezione è completa siccome la Legionella è inattivata in centrale



1. Necessita di interventi frequenti
2. Ricrescita batterica nel periodo tra due risanamenti
3. Non sempre applicabile (potenza bollitori non adeguati)
4. Richiede tempo e personale per controllo temperatura
5. Innesco processi di incrostazione
6. Azione corrosiva (tubazioni zincate)
7. Possibili scottature



# Torri di raffreddamento





Una torre di raffreddamento è un dispositivo (uno scambiatore di calore) che ha il compito di smaltire calore in ambiente raffreddando l'acqua che in essa viene spruzzata (e che in parte evapora). Torri vengono impiegate in impianti frigoriferi e di condizionamento dell'aria, in processi e impianti industriali, in centrali termoelettriche.





## Torri di raffreddamento

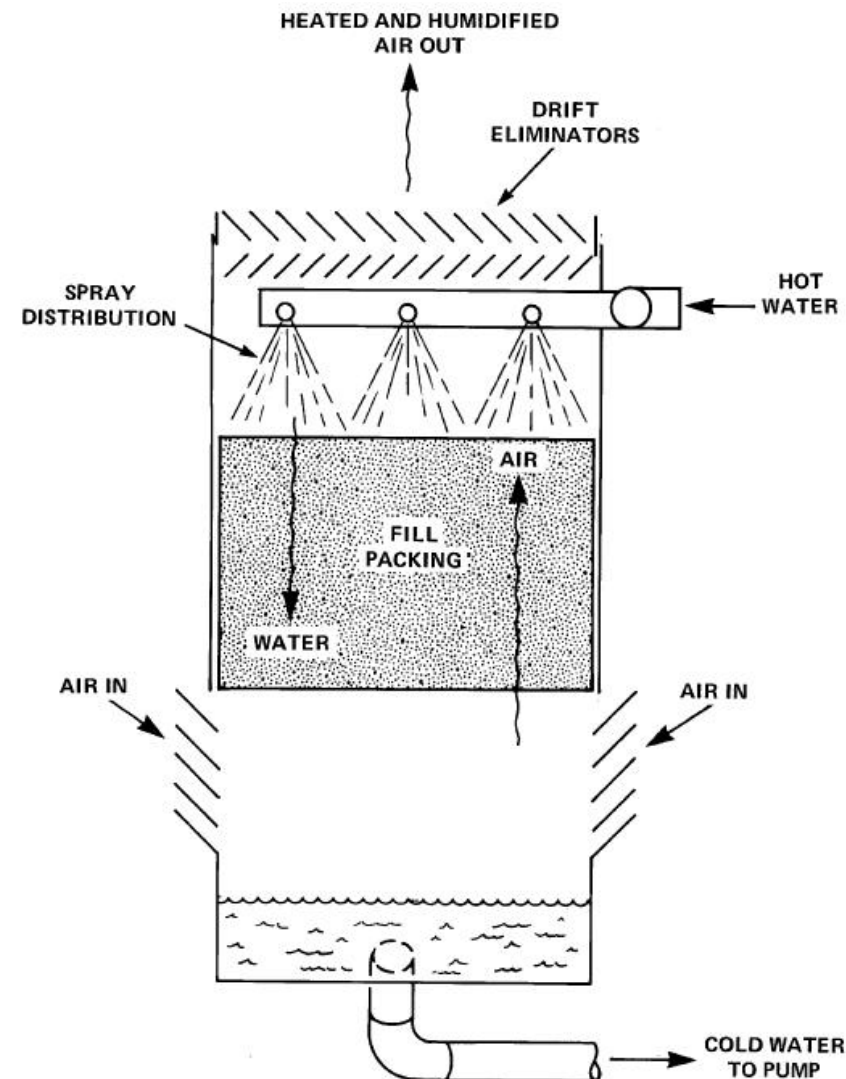
36

Acqua da raffreddare è spruzzata da un insieme di ugelli sopra un materiale di riempimento (pacco di scambio)

Aria percorre in contro-corrente la torre ed attraversa il pacco di scambio entrando in intimo contatto con l'acqua

Acqua: evapora (piccola parte), si raffredda ed è raccolta nel bacino inferiore

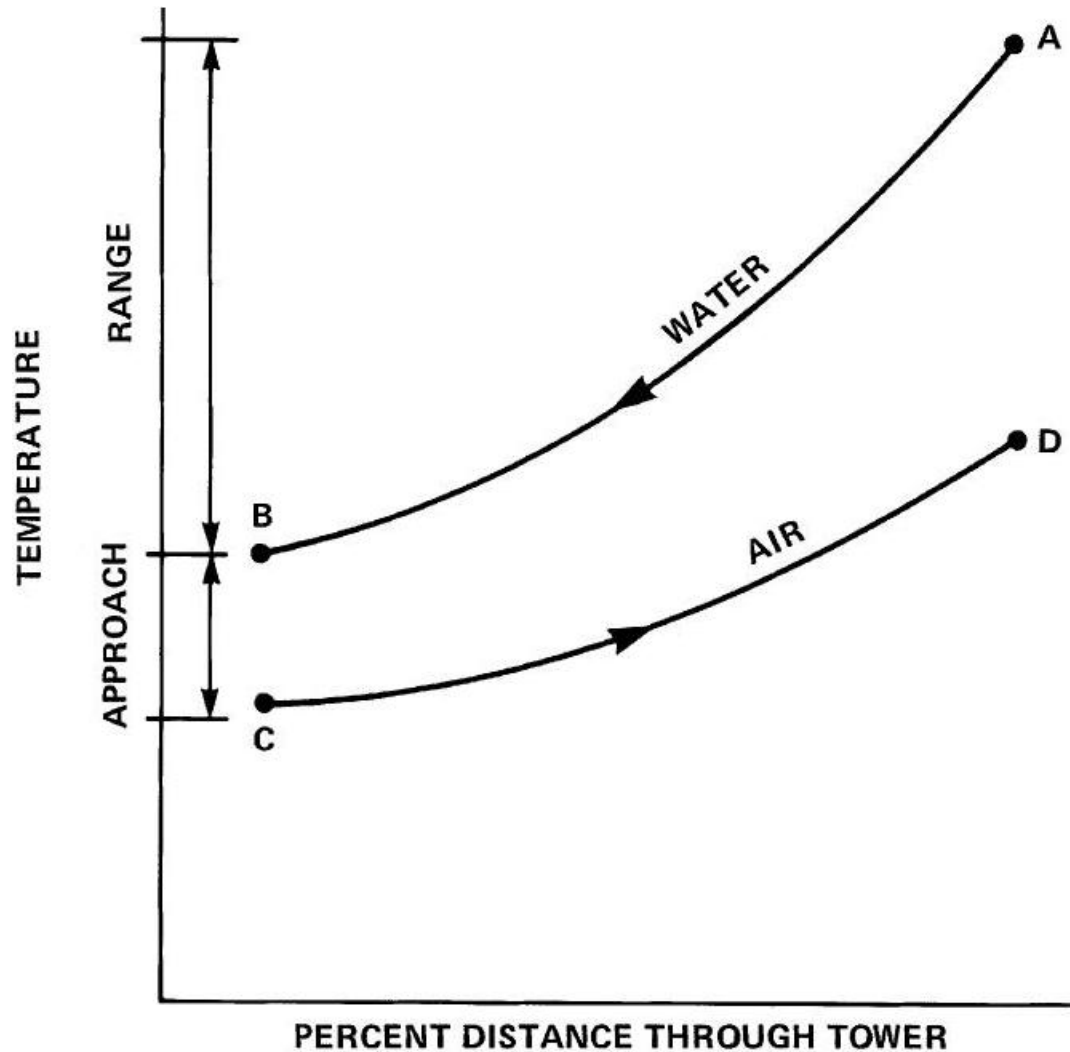
Aria: si umidifica, riscalda ed è espulsa verso l'esterno





# Torri di raffreddamento

37



Temperature ed umidità relativa di funzionamento

Lato Aria

$t_{BU,ARIA,IN}$  21 °C ÷ 25 °C

$RH_{ARIA,IN}$  50 % ÷ 60 %

$t_{BU,ARIA,OUT}$  28 °C ÷ 32 °C

$RH_{ARIA,OUT}$  ~ 100 %

Lato Acqua

$t_{ACQUA,IN}$  36 °C ÷ 45 °C

$t_{ACQUA,OUT}$  29 °C ÷ 35 °C



In una torre può verificarsi una successione di eventi che porta alla insorgenza di Legionellosi:

1.L'acqua può permanere nella torre (anche in condizioni di stagnazione) a temperature comprese nell'intervallo ottimale per la proliferazione di Legionella

2.La torre produce un aerosol (dispersione di goccioline d'acqua nella corrente d'aria) che per diversi motivi (incompleta evaporazione, inefficienza dei separatori di gocce) possono essere trascinate fuori dalla torre e ritrovarsi nel pennacchio



Il pennacchio visibile sopra una torre può essere di differente natura:

1. Aerosol uscente dalla torre e non fermato dall'apposito separatore di gocce (rischio Legionella!)
2. Aerosol che si forma all'esterno della torre a causa della miscelazione tra aria umida (calda e ad elevata umidità) uscente dalla torre ed aria esterna più fredda e secca (nessun rischio di Legionella!)





Componenti critici di una torre di raffreddamento:

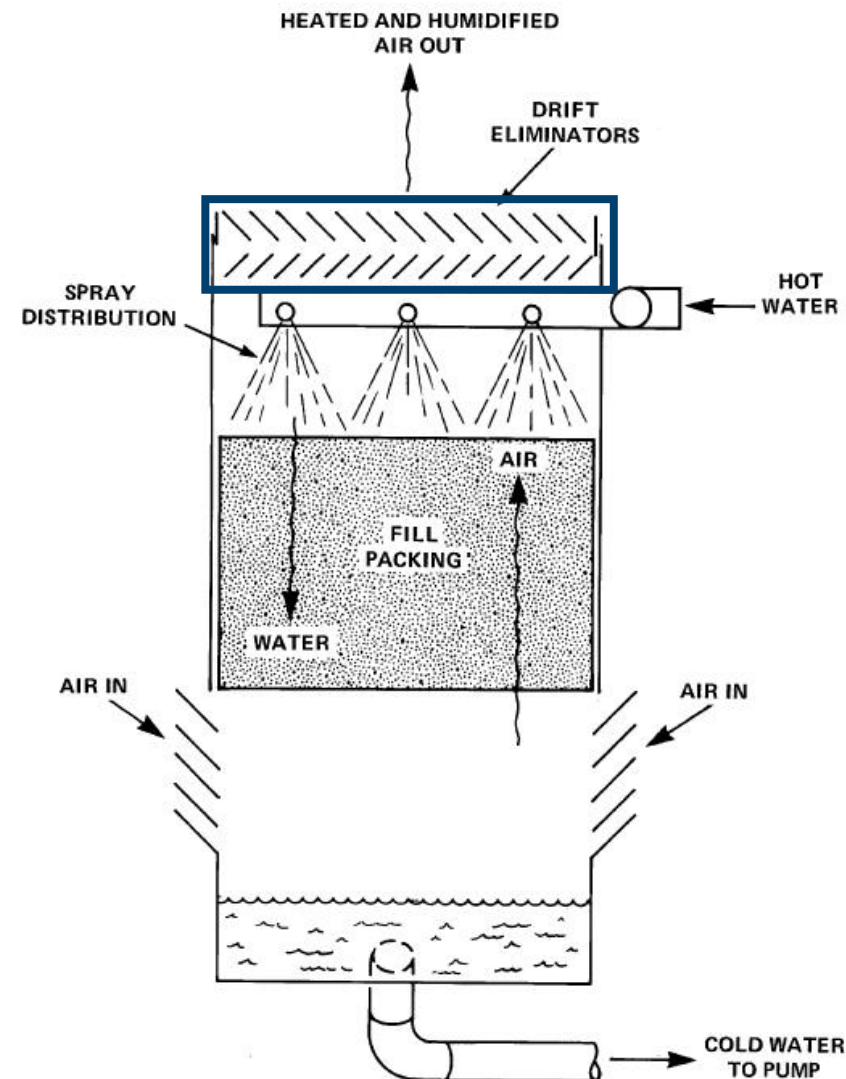
- Bacino di raccolta acqua
- Sezione di aspirazione dell'aria
- Materiale di riempimento (superficie o pacco di scambio)
- Sistema di distribuzione dell'acqua
- Separatore di gocce
  
- Accessibilità generale della torre



## Separatore di gocce - Problematica

Ha il compito di separare le gocce di acqua liquida eventualmente presenti nella corrente d'aria dalla corrente stessa affinché non fuoriescano dalla torre per trascinamento ma ricadano al suo interno.

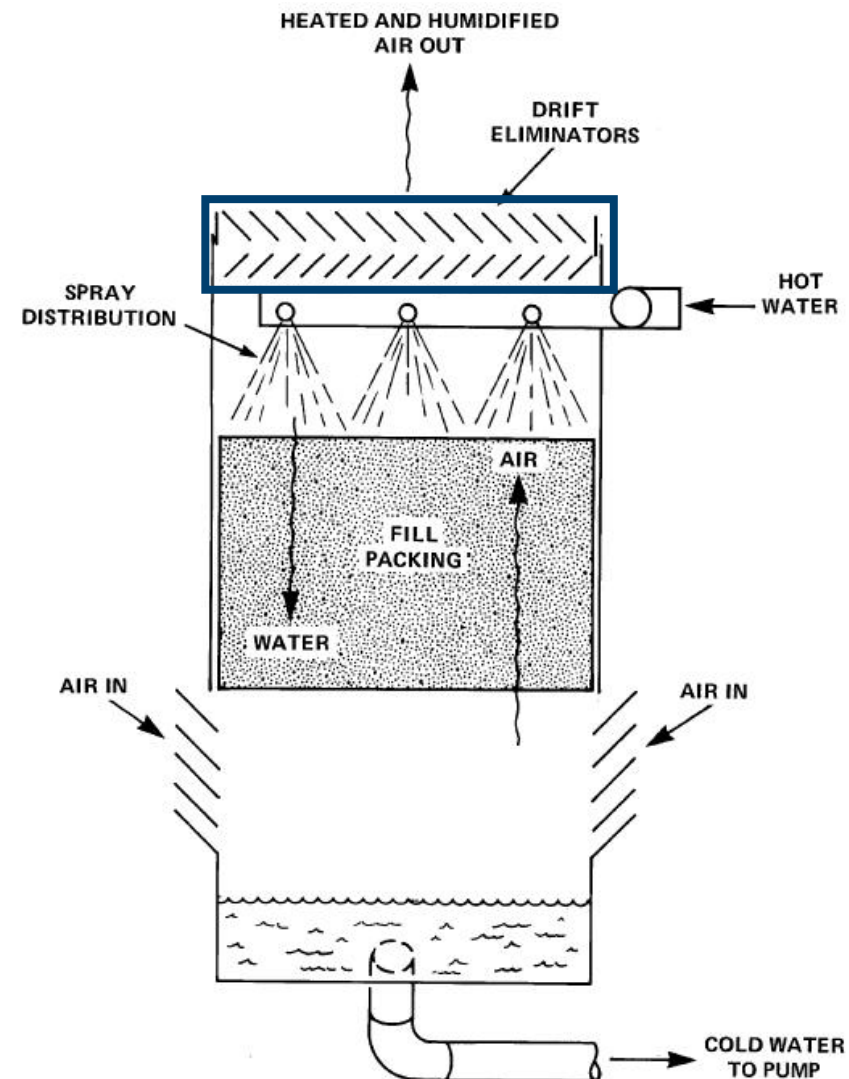
E' pertanto un componente molto importante siccome limita la dispersione della Legionella all'esterno della torre di raffreddamento.





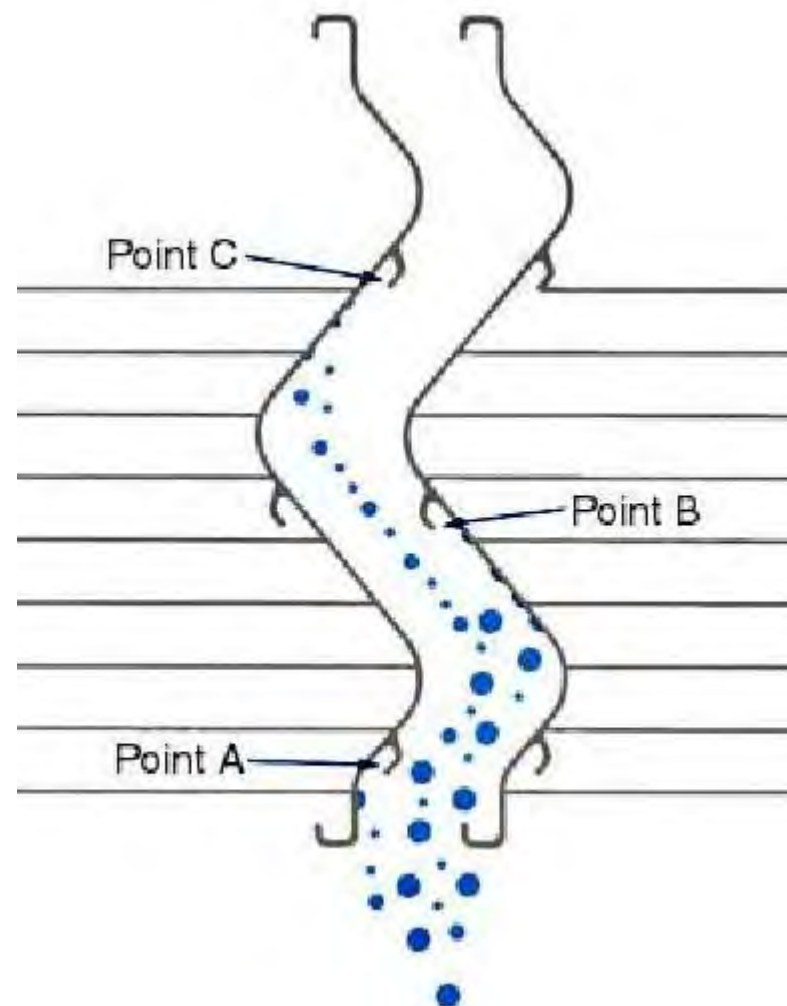
## Separatore di gocce - Problematica

Può essere sede di incrostazioni e corrosione. Oltre che ad essere un ambiente favorevole per lo sviluppo della Legionella, tali fenomeni alterano il corretto funzionamento del separatore di gocce rendendolo meno efficace nel trattenere l'acqua all'interno della torre.





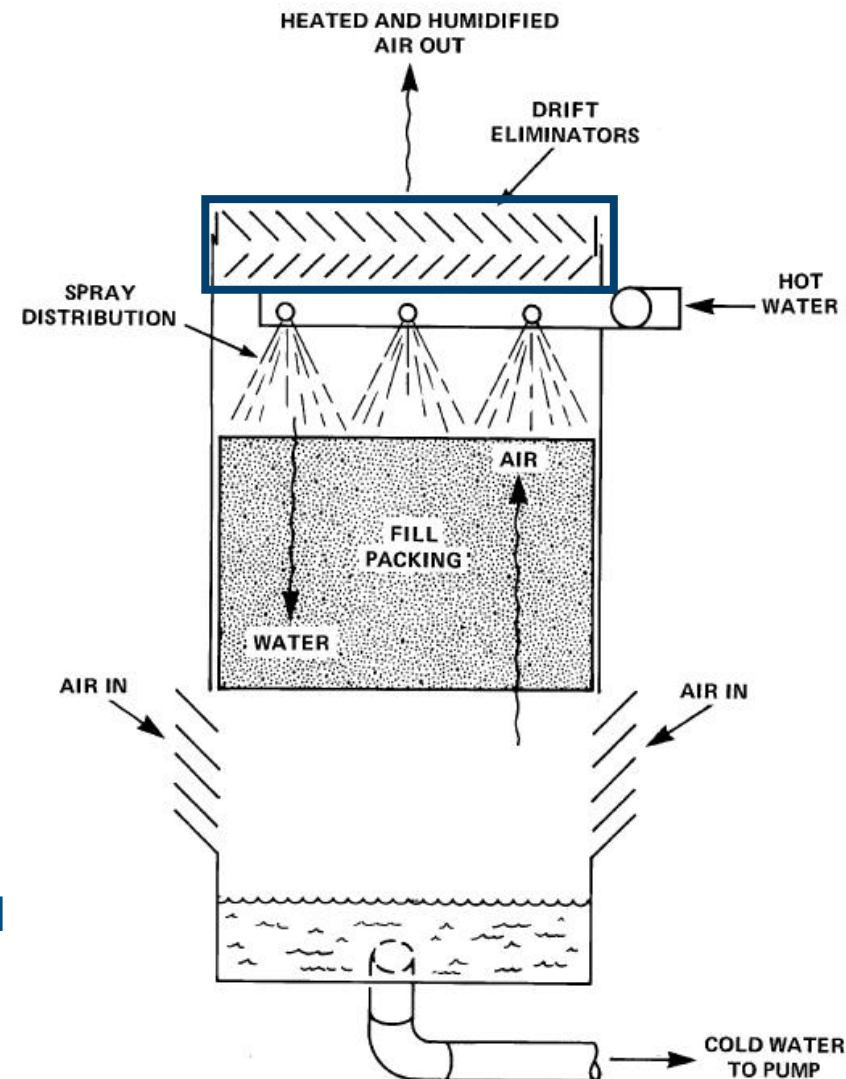
# Torri di raffreddamento





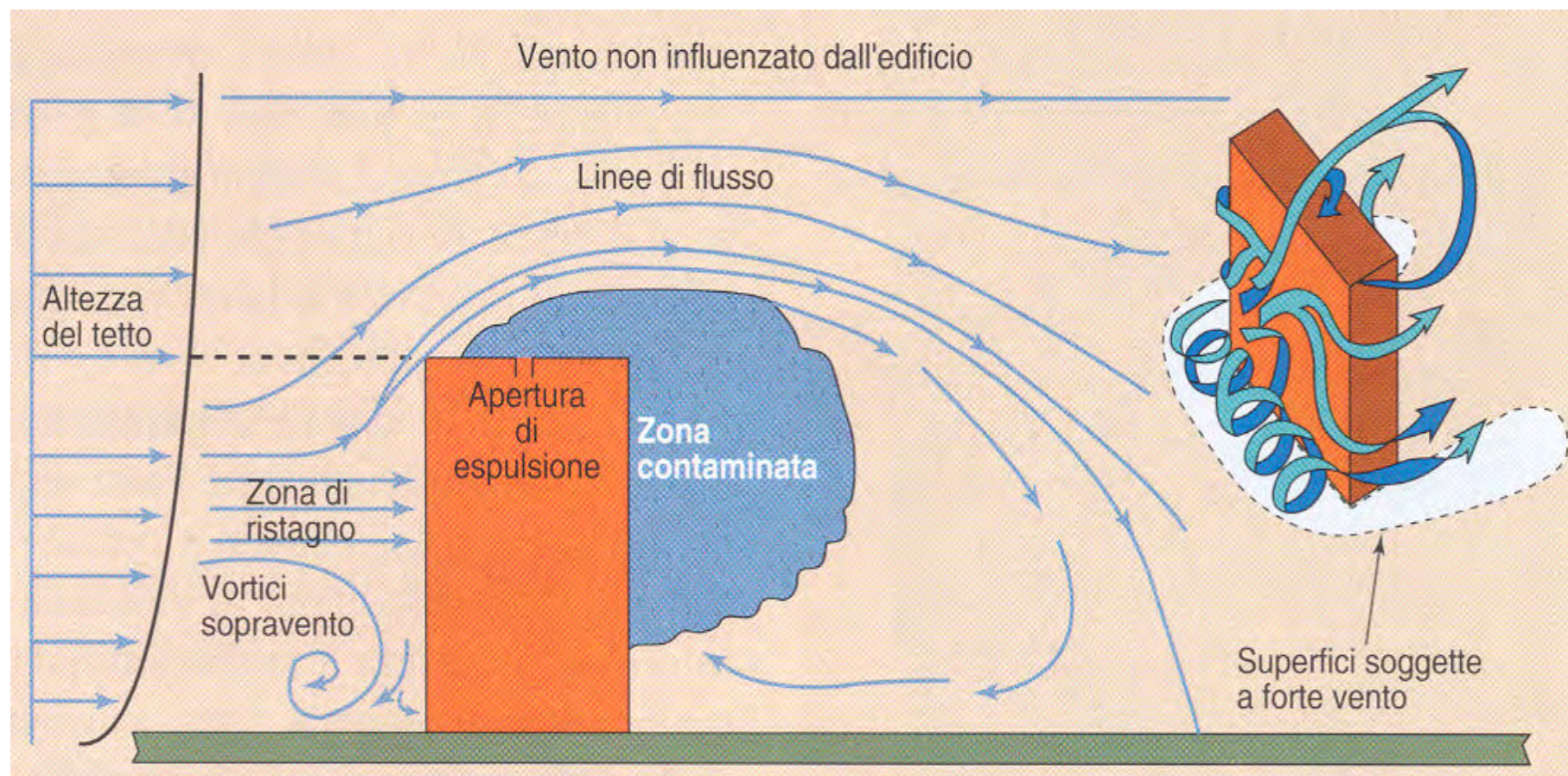
## Separatore di gocce - Accorgimenti

1. Utilizzare materiali costruttivi che minimizzino corrosione, accumulo di sporcizia e cessione di nutrienti.
2. Il separatore di gocce deve essere il più efficiente possibile (vedi considerazioni precedenti).
3. Distribuzione dimensionale delle gocce (quelle di piccolo diametro riescono comunque ad oltrepassare il separatore di gocce).





Scelta del sito di installazione della torre.



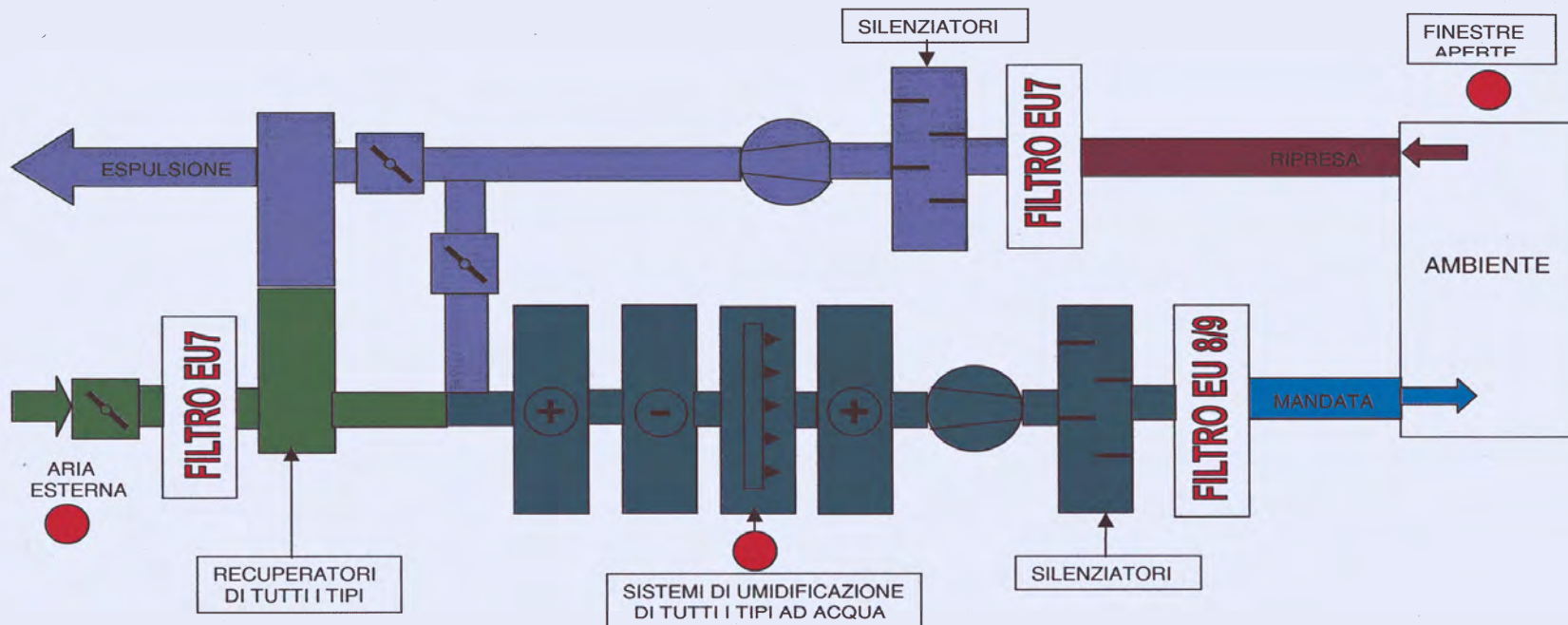


Scelta del sito di installazione della torre.





**I SISTEMI DI UMIDIFICAZIONE SONO POSSIBILE CAUSA DI ESPOSIZIONE A LEGIONELLA.  
CAUSE ESTERNE: PRESE D'ARIA FINESTRE/PORTE**



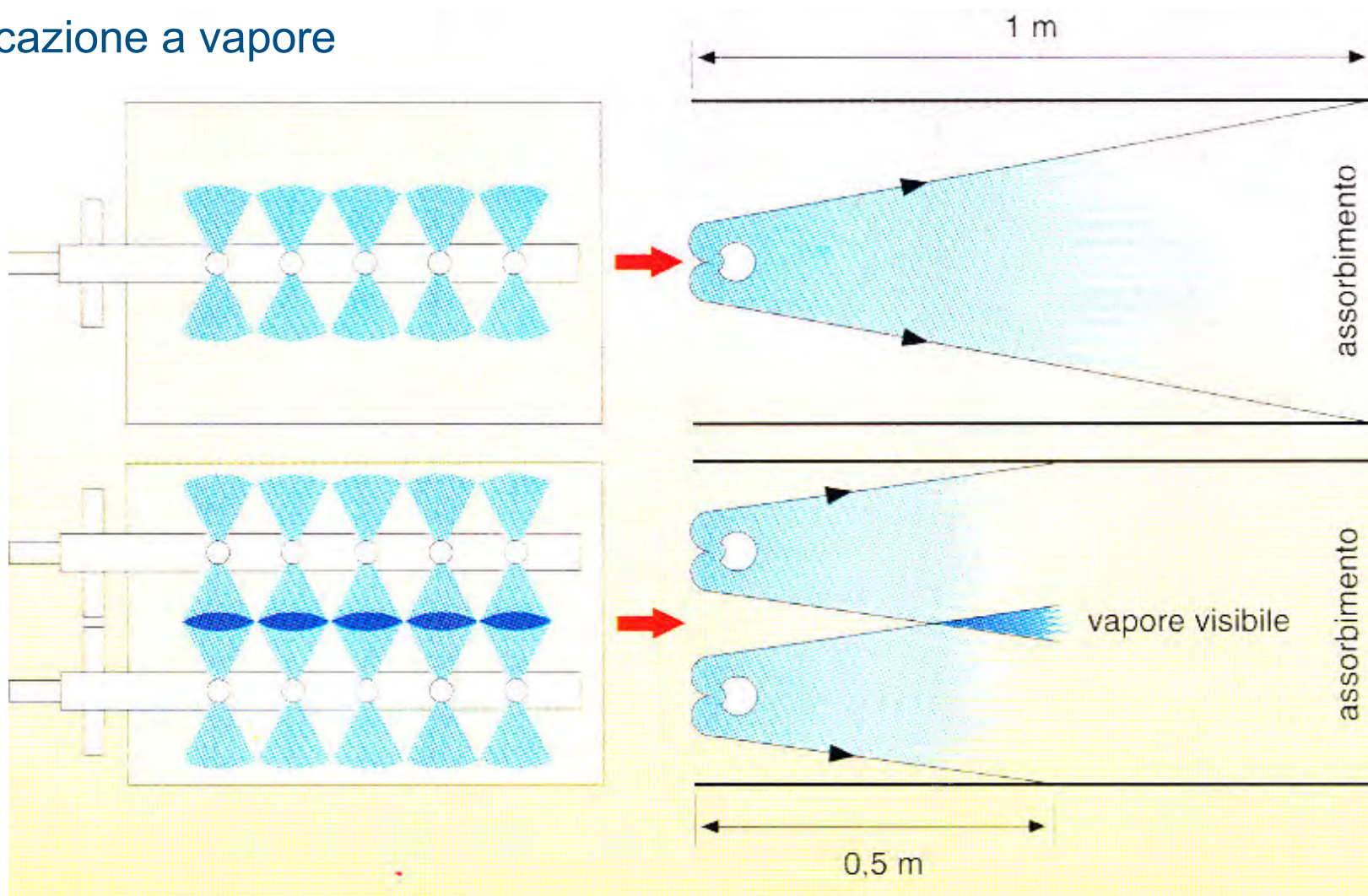
● POSSIBILI VIE DI INTRODUZIONE DELLA LEGIONELLA – IL FILTRO EU 8/9 TRATTIENE TUTTE LE GOCCIOLINE DI AEROSOL

LE LINEE GUIDA DEL MINISTERO DELLA SANITA' (4/4/2000 - PUNTO 7.2.3) CONSIGLIANO L'INSTALLAZIONE DI FILTRI A MONTE E VALLE DELLE UNITA' DI TRATTAMENTO DELL'ARIA INCLUSO ANCHE LA RIPRESA  
IL COSTO DI UNA FILTRAZIONE PIU EFFICACE E' MOLTO INFERIORE A QUELLO DELLA PULIZIA DEI COMPONENTI DELLE RETI DI DISTRIBUZIONE



# Condizionamento dell'aria: umidificazione

## Umidificazione a vapore





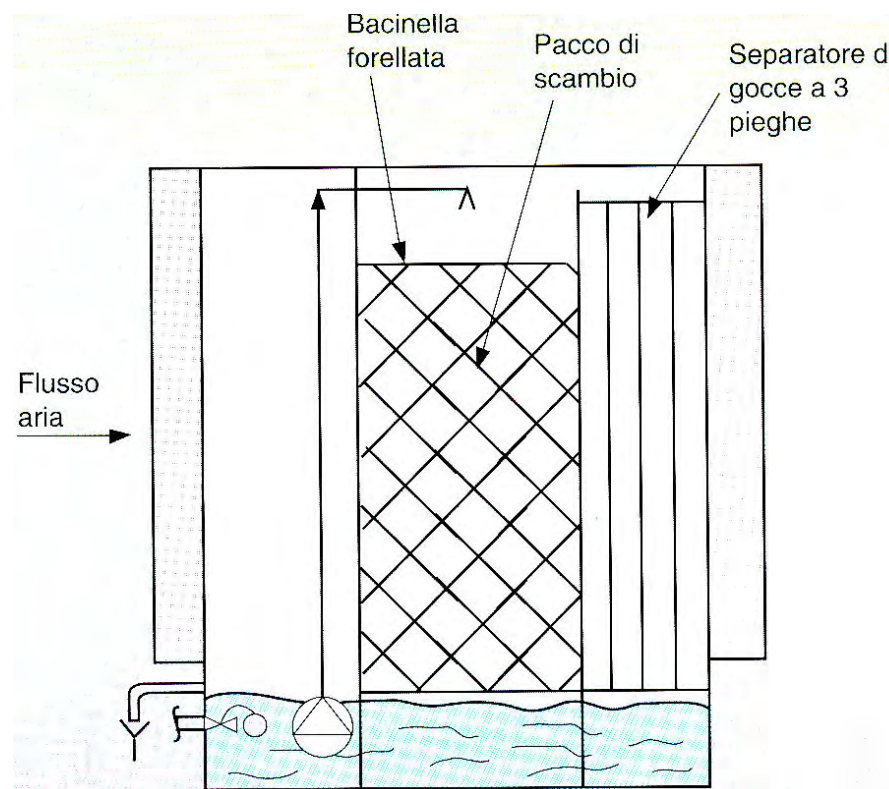
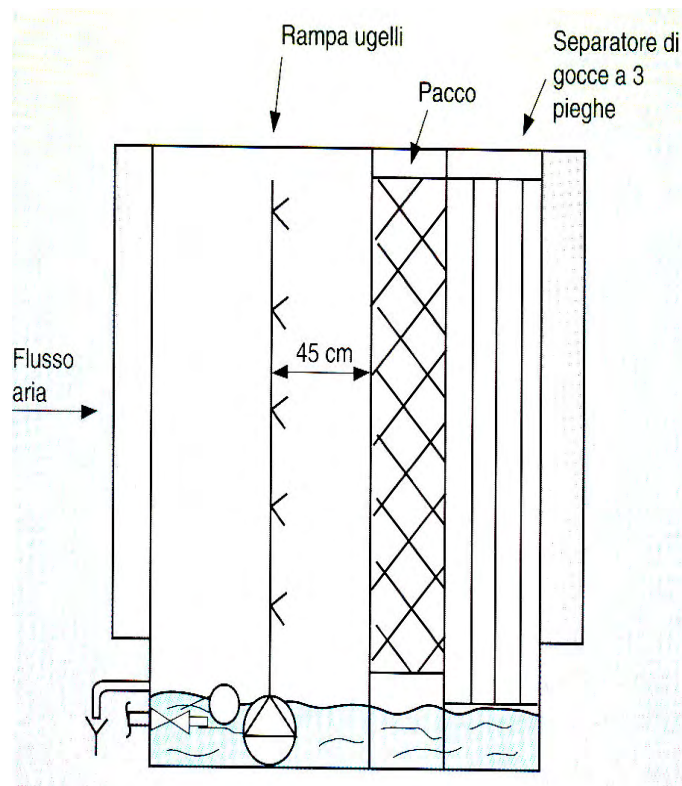
L'umidificazione a vapore è la migliore relativamente alla Legionella ed altri batteri siccome produce vapore che:

1. Non veicola batteri
2. Svolge un'azione di shock termico a causa delle alte temperature cui il vapore è prodotto

E' necessario che il vapore sia distribuito in modo corretto per non creare condensa sulle pareti di canali e all'interno dei condizionatori



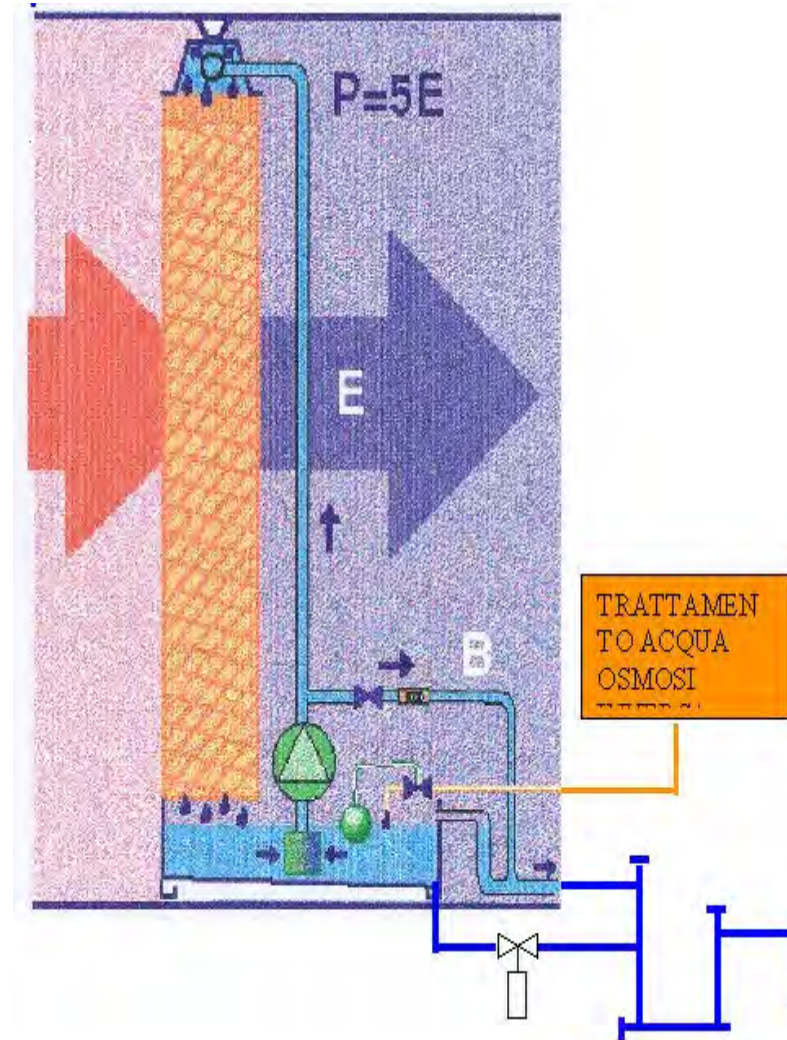
## Umidificazione a liquido





## Umidificazione a liquido

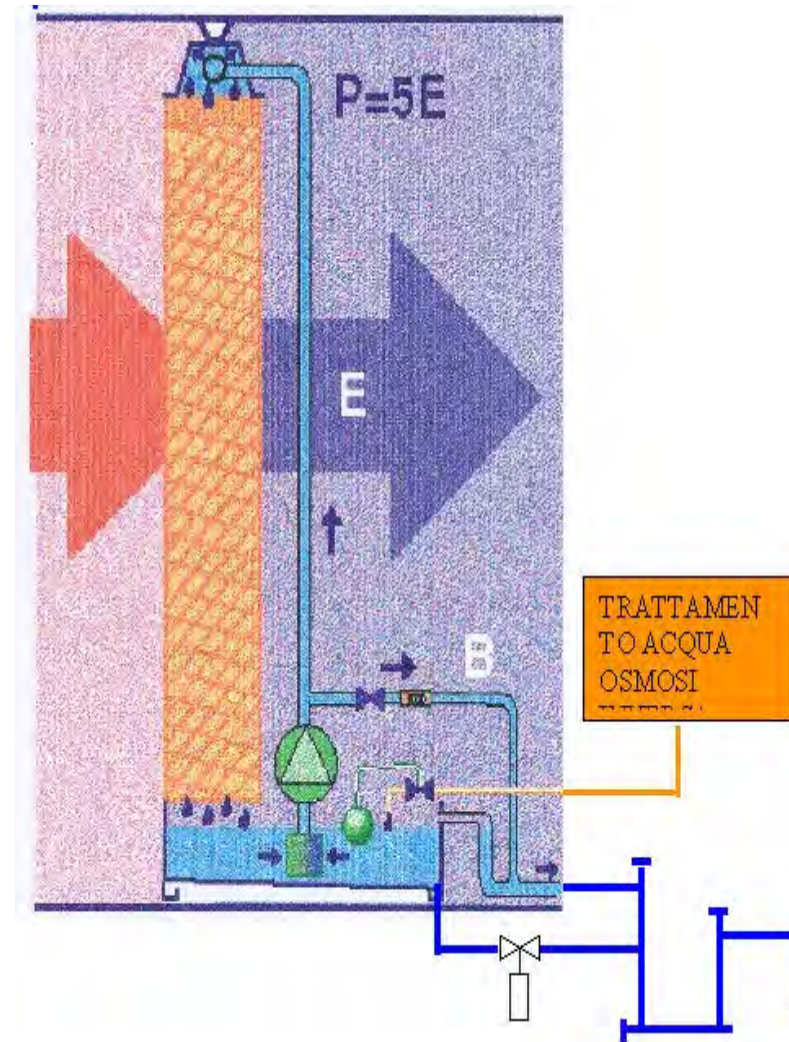
- Tutti i componenti devono essere facilmente smontabili per facilitare la pulizia e l'eventuale sanificazione
- Il sifone deve essere costruito con raccordi a "T" e tappo in modo che sia facilmente controllabile e pulibile
- La vasca deve avere il minimo contenuto d'acqua
- E' consigliata la costruzione a tramoggia con pozzetto per la pompa
- Il materiale di costruzione del pacco deve essere in fibra di vetro o equivalente
- La velocità dell'aria non deve superare i 2,5 m/s per non creare aerosol





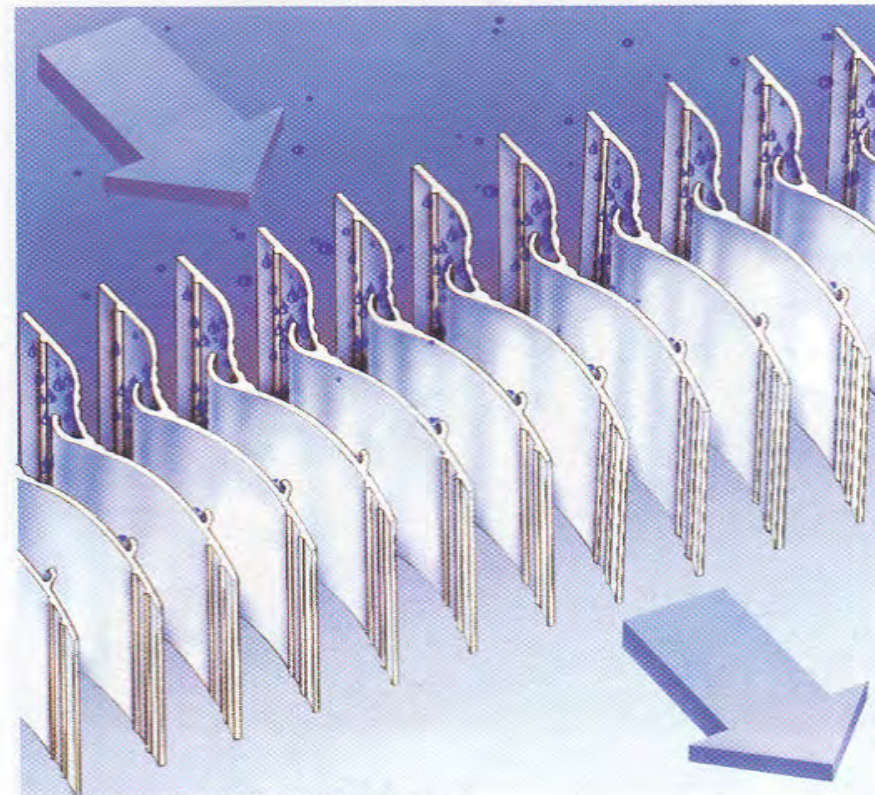
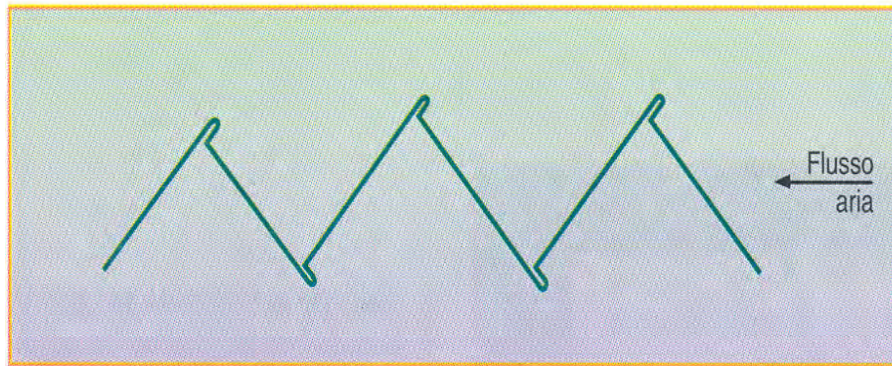
### Umidificazione a liquido

- La qualità dell'acqua spruzzata deve essere periodicamente controllata
- L'incremento della carica batterica deve essere prevenuta mediante sistemi di sterilizzazione oppure mediante periodica pulizia dei sistemi
- La carica batterica totale dell'acqua circolante non deve eccedere il valore di 106 CFU/L
- La presenza della Legionella negli umidificatori è sicuramente evitata se la carica batterica non eccede 103 CFU/L (Linee Guida Ministero della Salute – Punto 7.2.6)



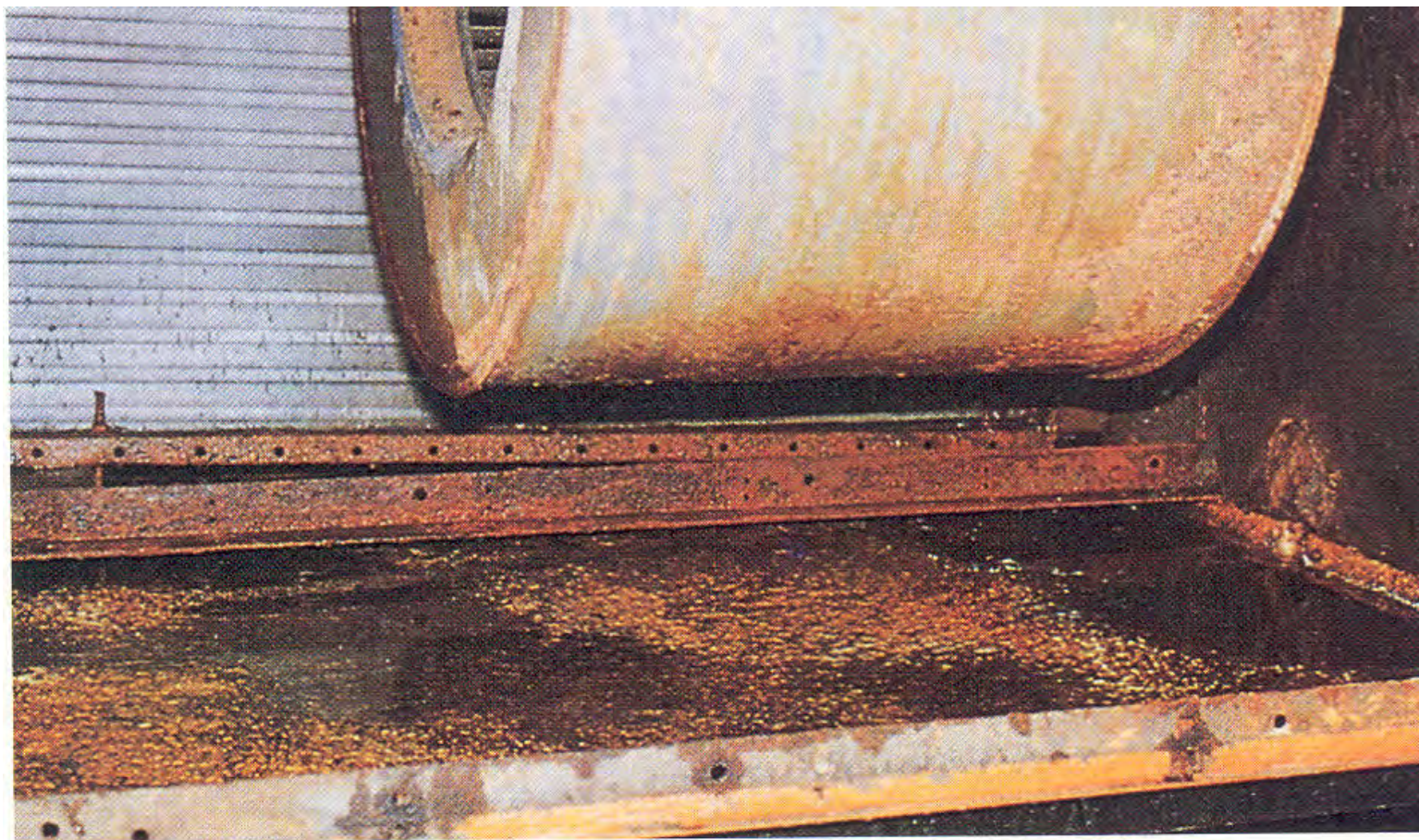


## Umidificazione a liquido





Effetto di scarso drenaggio



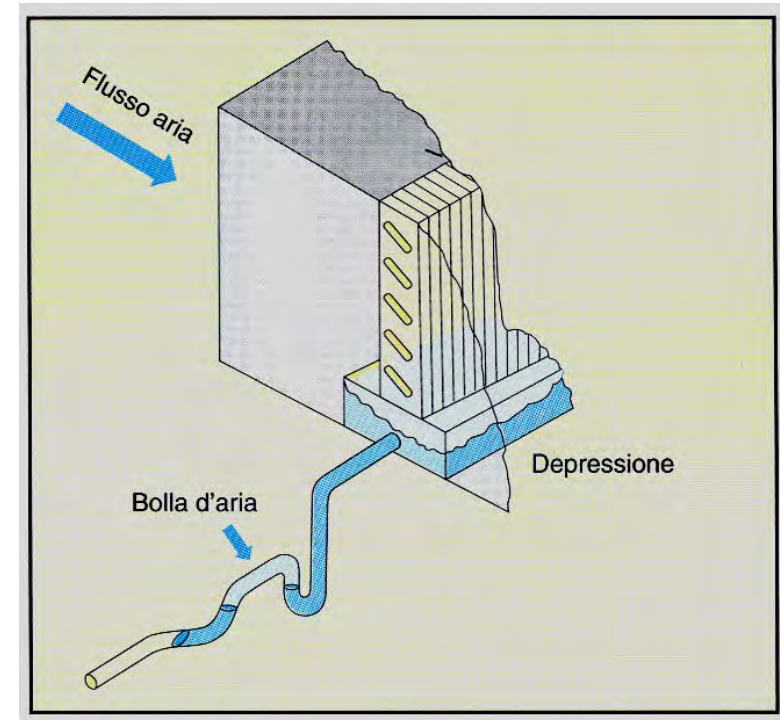
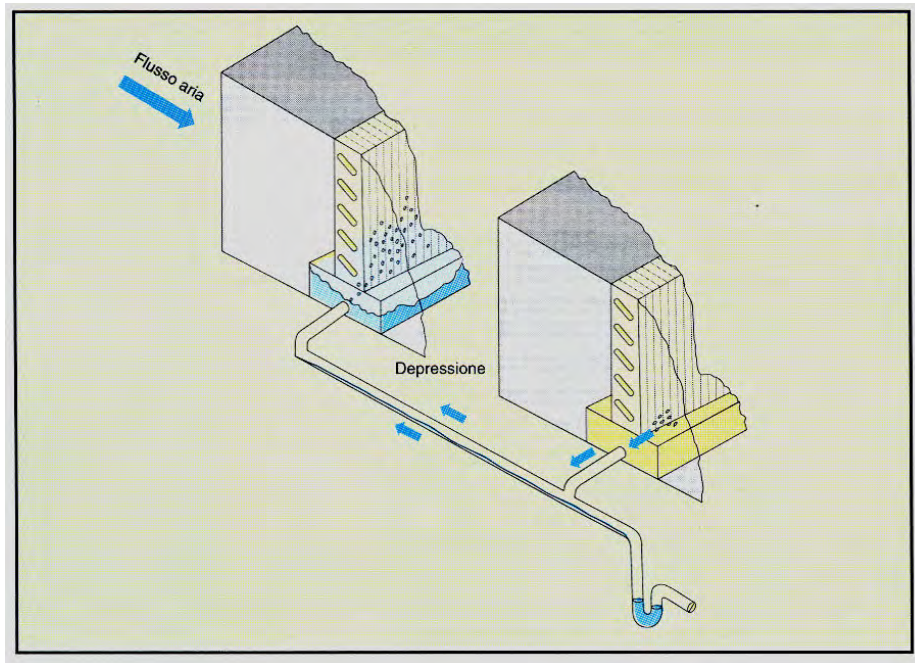


Nei ventilconvettori, nelle batterie fredde delle unità di trattamento aria e nei condizionatori split, all'interno dell'acqua di condensa non ci sono problemi legati al batterio della Legionella poiché questo deriva dalla condensazione del vapor acqueo





1. Nei condizionatori split e nei ventilconvettori non è presente la Legionella
2. Nella modalità di riscaldamento non c'è presenza di acqua e, quindi, del batterio
3. Nella modalità di raffrescamento, questi apparecchi formano acqua dovuta alla condensazione del vapore acqueo presente nell'aria
4. La condensa non può contenere il batterio trattandosi di acqua pura
5. Qualora l'ambiente fosse inquinato dal batterio della Legionella, e lo stesso si possa depositare all'interno della bacinella, esso non può svilupparsi date le modeste temperature ( $t < 15 \text{ }^\circ\text{C}$ )
6. Nel caso si scopra il batterio (silente) nella condensa è necessario procedere con opportune indagini per identificare la fonte che ha generato e diffuso il batterio (ad esempio, torre di raffreddamento etc.)



1. Le batterie di raffreddamento devono avere le bacinelle di scarico condensa inclinate in modo che la condensa fuoriesca tutta dalla bacinella
2. Precedere la fermata dei ventilatori dalla chiusura della valvola del freddo in modo da far asciugare la batteria



Contaminanti biologici presenti nei venticonvettori e nei climatizzatori e depositati sulla superficie della batteria (batteri, virus, muffe, funghi etc.)





 POLITECNICO DI MILANO



## **Legionella, impianti idrici e di condizionamento**

**Cesare Maria Joppolo - Luca Molinaroli**

**Dipartimento di Energetica - Politecnico di Milano**