POLITECNICO MILANO 1863 | DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA CIVILE E AMBIENTALE

Microinquinanti nelle acque potabili: dal monitoraggio alle strategie di trattamento e adeguamento degli impianti

Manuela Antonelli



Contaminanti emergenti e ciclo idrico antropico

- Centinaia di microinquinanti (MIE) a concentrazioni in traccia in matrici acquose complesse
- Molteplici vie di esposizione ed effetti
- Incertezze su tossicità e livelli di concentrazione (LOQ: Limite di Quantificazione)
- Transizione verso città *water-wise* e impatti del cambiamento climatico



Quali sono gli **impatti sull'uomo**?

Gli approcci basati su carico e concentrazione non sono sufficienti

Contaminanti emergenti e ciclo idrico antropico

Approccio integrato per la tutela dell'uomo e dell'ambiente nel concetto One Health



World Health Organization

Spostare l'attenzione dalle tecnologie agli approcci integrati e olistici che minimizzino rischi e impatti

Inquinamento microbiologico e diffusione della resistenza agli antibiotici

Contaminazione da microinquinanti (farmaci. PFAS, bisfenolo A, etc.)

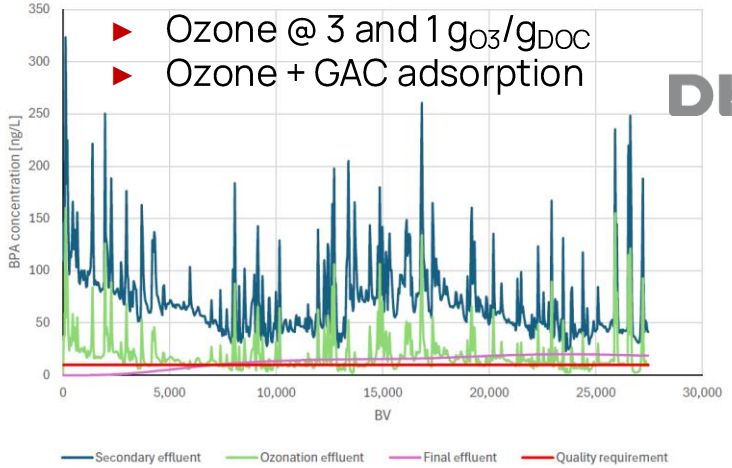
Processi di trattamento con *trade-off*, come disinfezione e ossidazione (avanzate)

Il Bisfenolo A (BPA)

- Vie di esposizione: acqua potabile e consumo di prodotti irrigati
- Matrici da monitorare: acqua approvvigionata, rete di distribuzione (relining e materiale in contatto), acqua di irrigazione

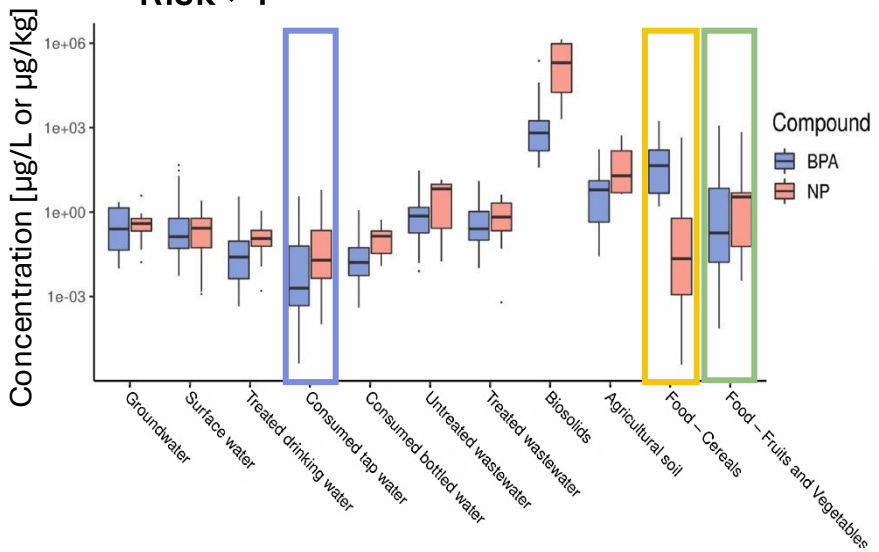
WWTP effluent – Direct reuse for irrigation

- Ozone @ 3 and 1 g_{O3}/g_{DOC}
- Ozone + GAC adsorption



paper in preparation

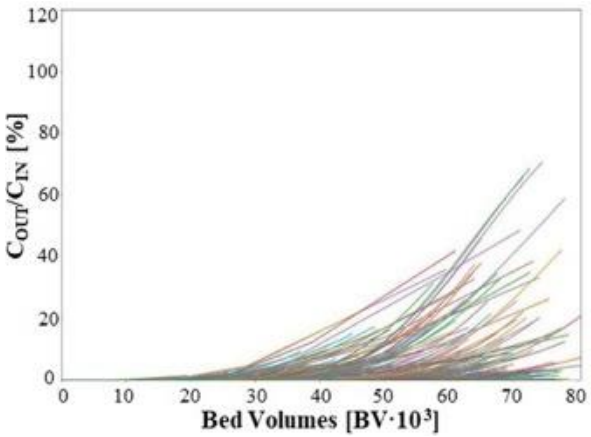
Risk > 1



https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2023.138259

Drinking water

- BPA removal by activated carb on adsorption
- BPA release from pipe relining
- Alkylphenols mixture effect

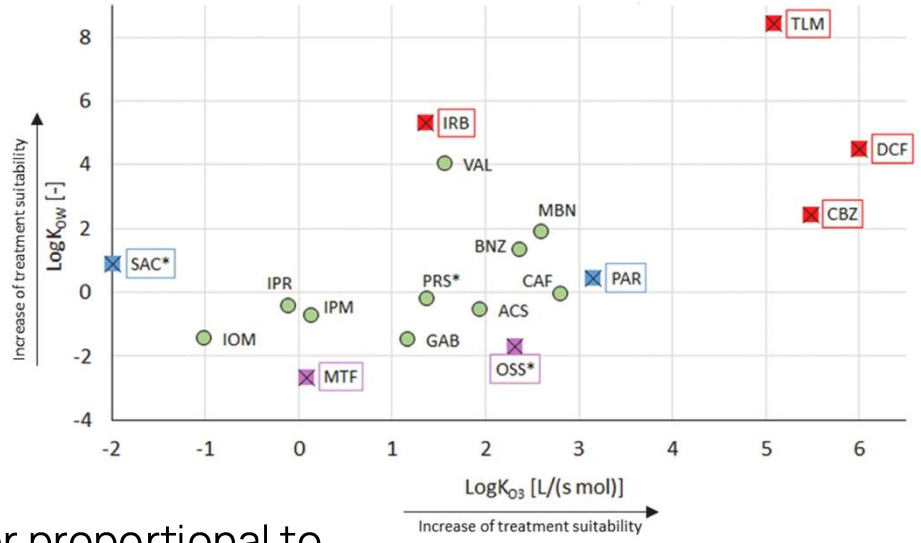




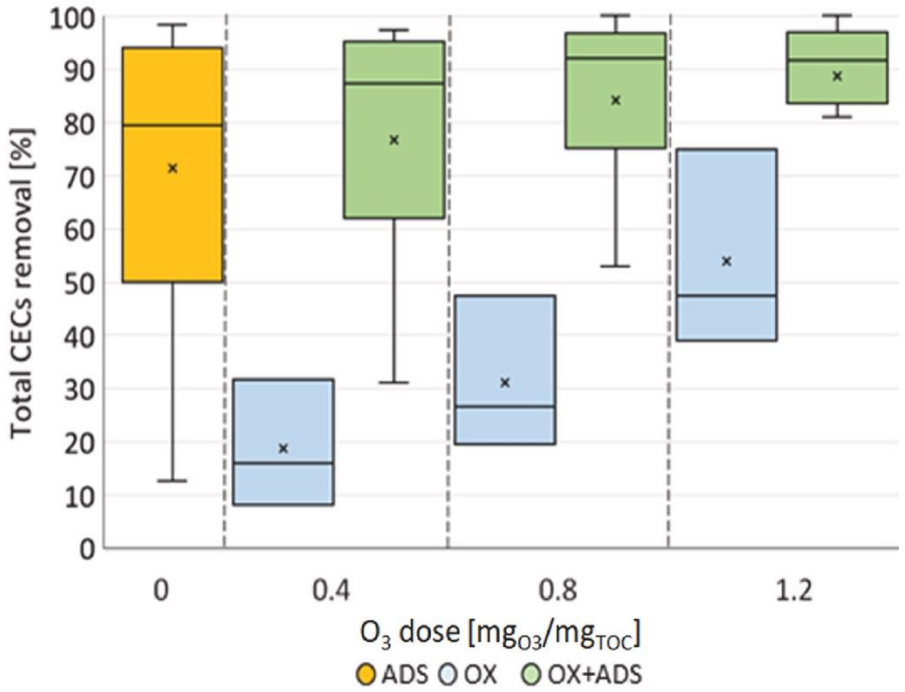
https://doi.org/10.1016/j.envint.2022.107294
https://doi.org/10.1016/j.watres.2021.116911
https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.146908

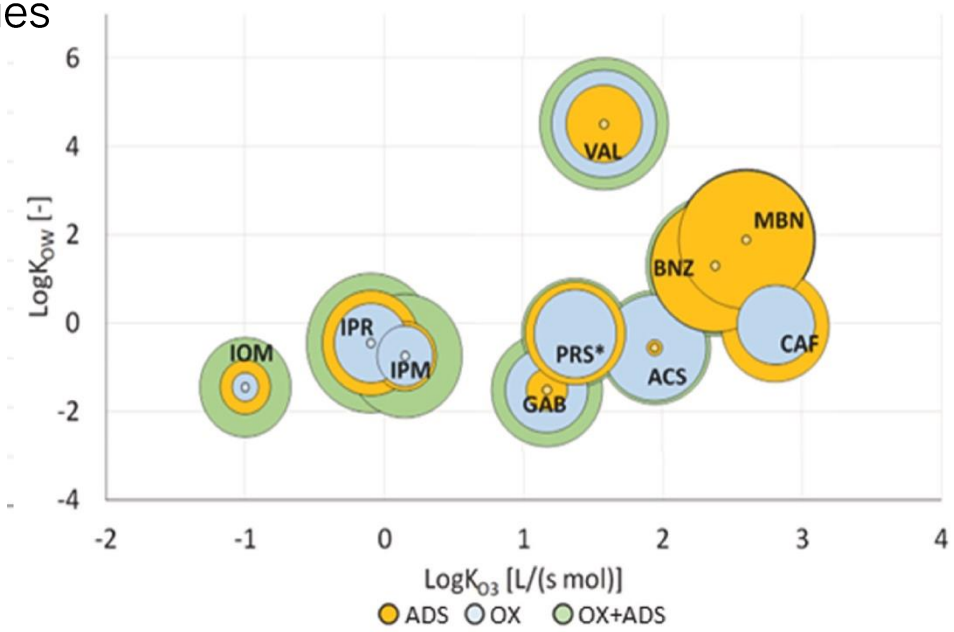
I farmaci

- Rimozione per ossidazione con ozono e adsorbimento su carbone attivo
- Mappa di trattabilità: teorica ed effettiva
- Controllo di processo



Bubbles diameter proportional to removal efficiencies

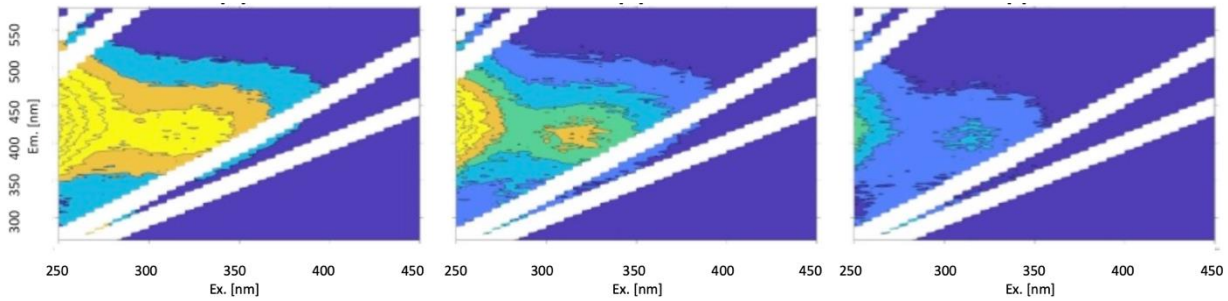




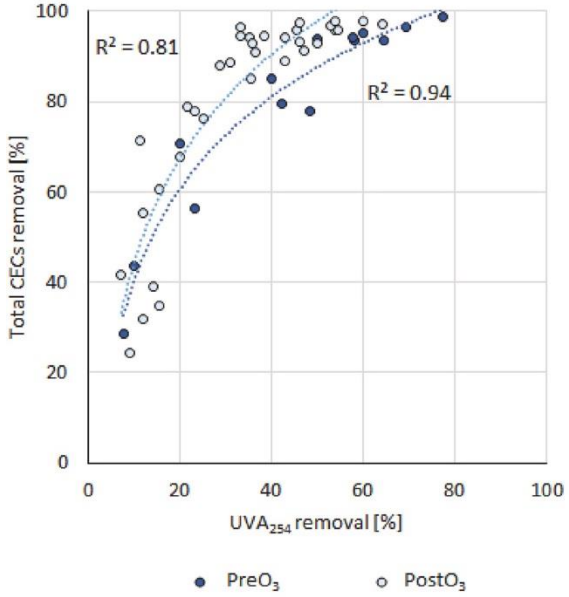
https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2023.119537

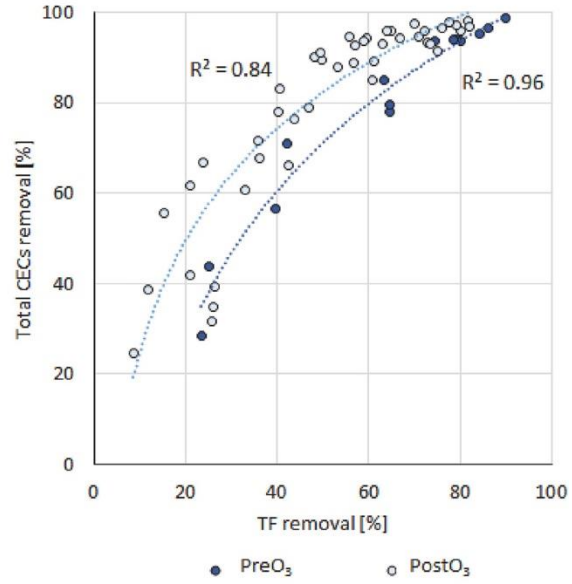
I farmaci

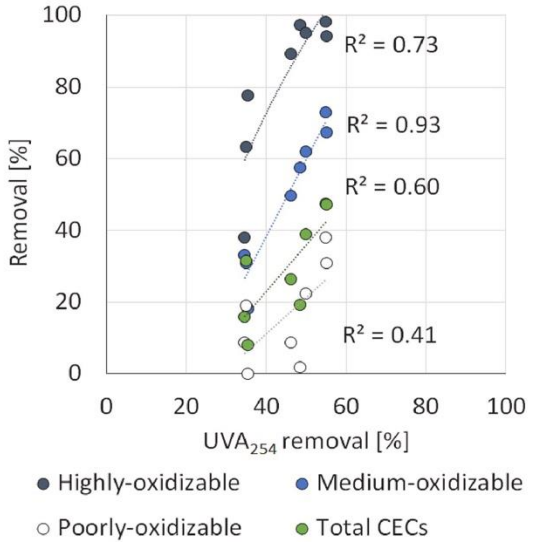
- Rimozione per ossidazione con ozono e adsorbimento su carbone attivo
- Mappa di trattabilità: teorica ed effettiva
- **Controllo di processo**

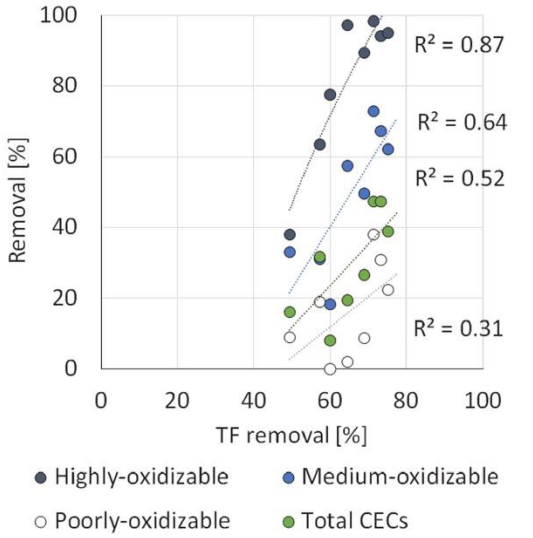


Dose bassa di O_3 (0.4 mg_{O3}/mg_{TOC})
Concentrazione crescente di carbone attivo





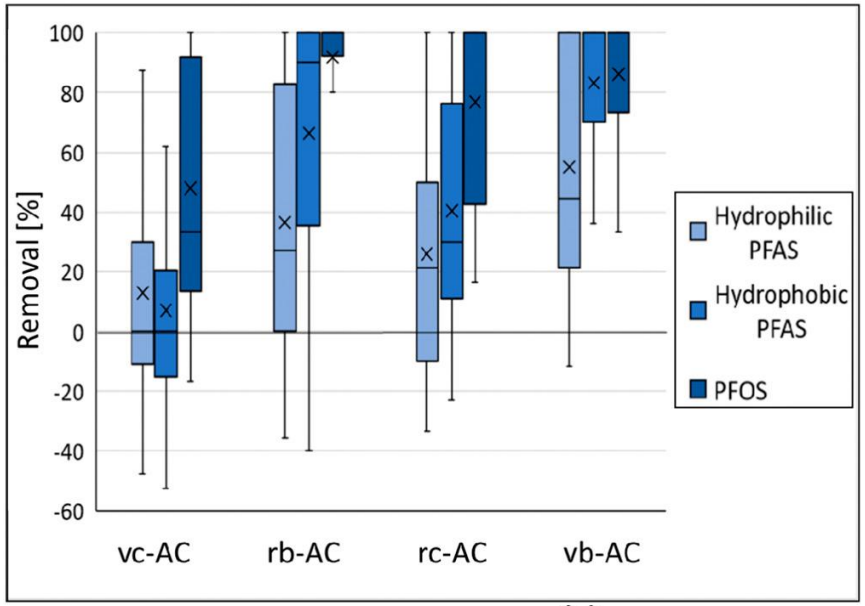




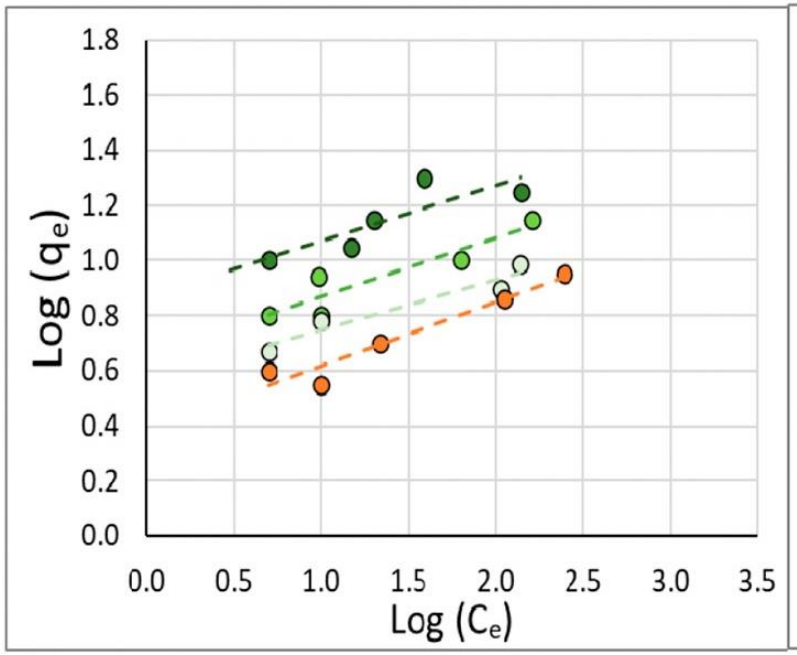
https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2023.119537

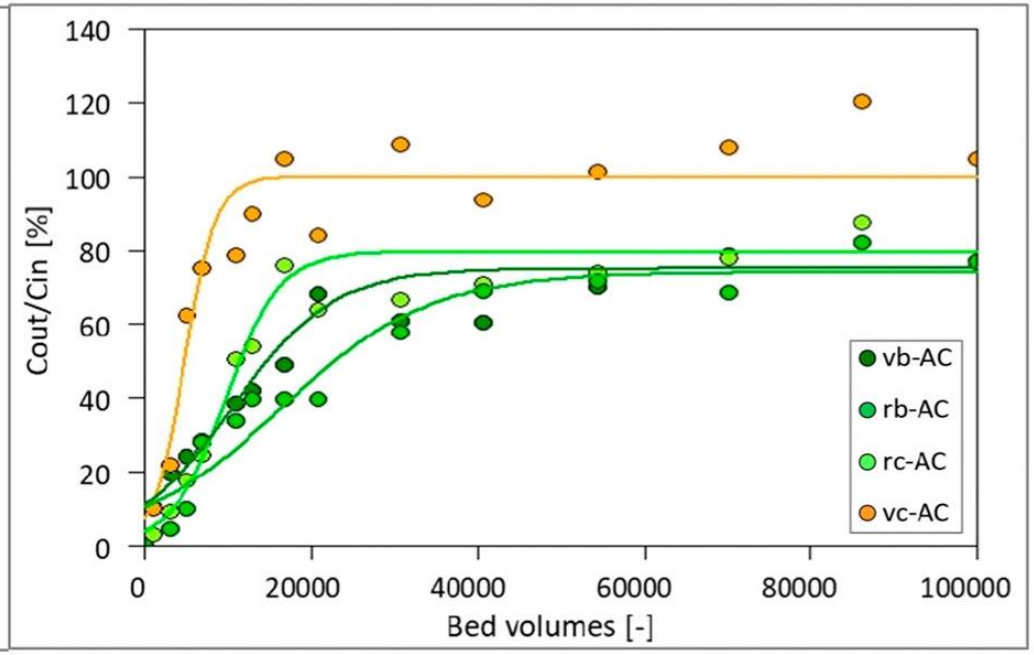
I PFAS

- Rimozione per adsorbimento su carbone attivo
- Ruolo della scala di lavoro
- Controllo di processo



Dati full scale –DOC: 1 mg/L)





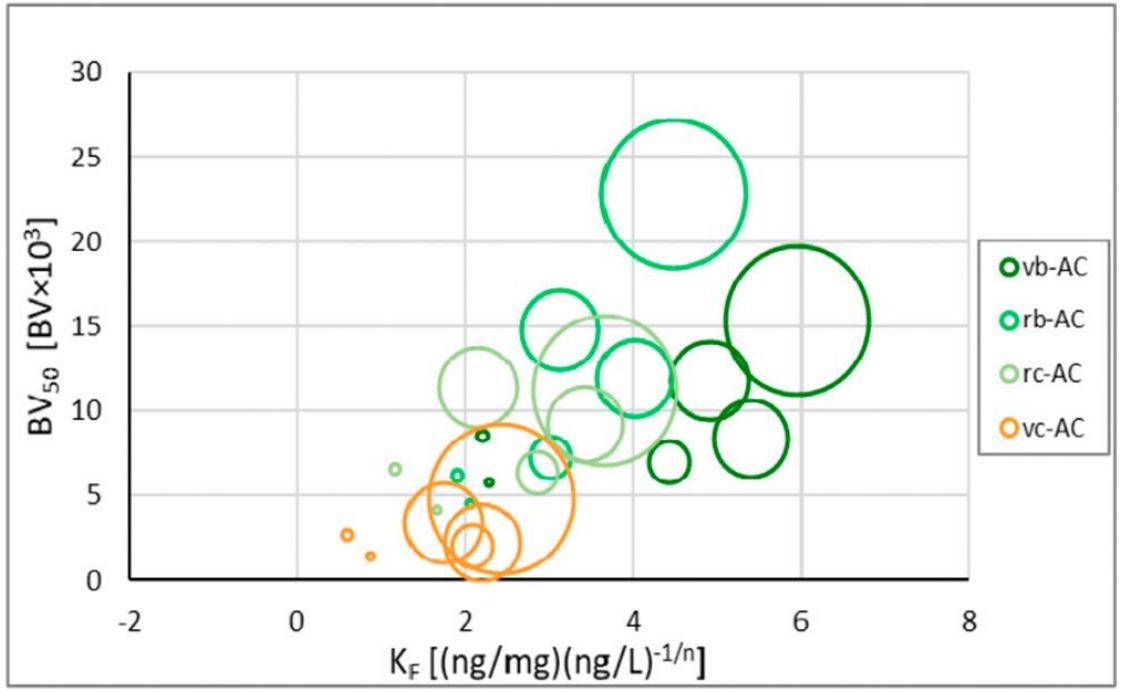
Isoterme e RSSCT – PFOS (DOC: 5 mg/L)

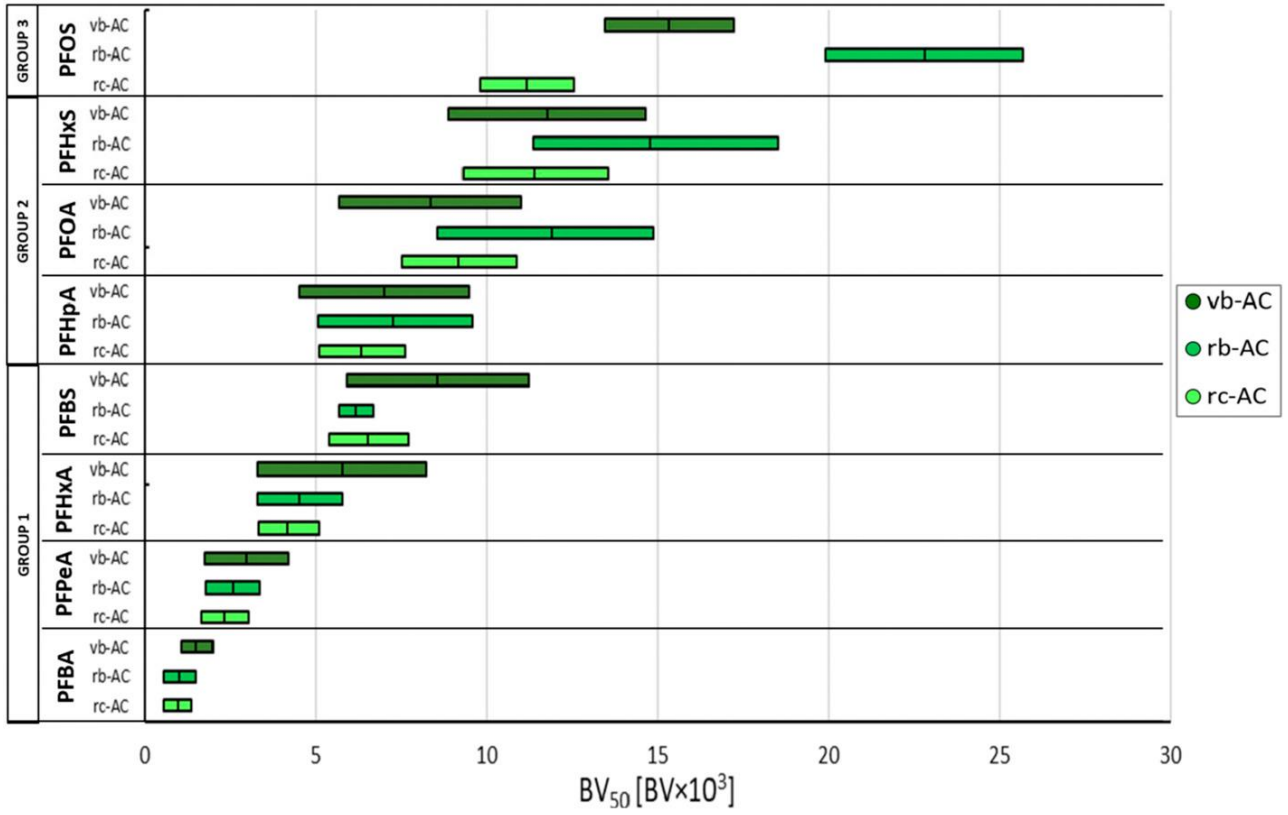
https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.148821

Umwelt Bundesamt

I PFAS

- Rimozione per adsorbimento su carbone attivo
- Ruolo della scala di lavoro
- Controllo di processo



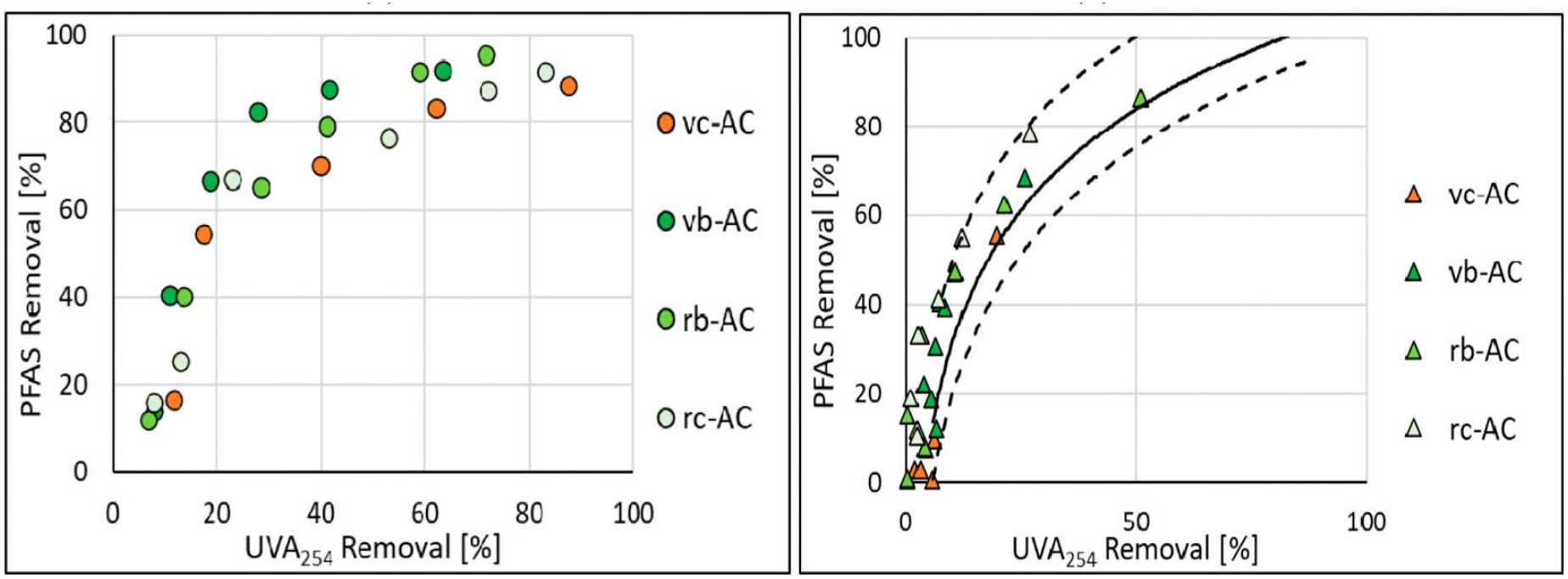


https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.148821

I PFAS

- Rimozione per adsorbimento su carbone attivo
- Ruolo della scala di lavoro
- **Controllo di processo**

Isoterme e RSSCT – 8 PFAS



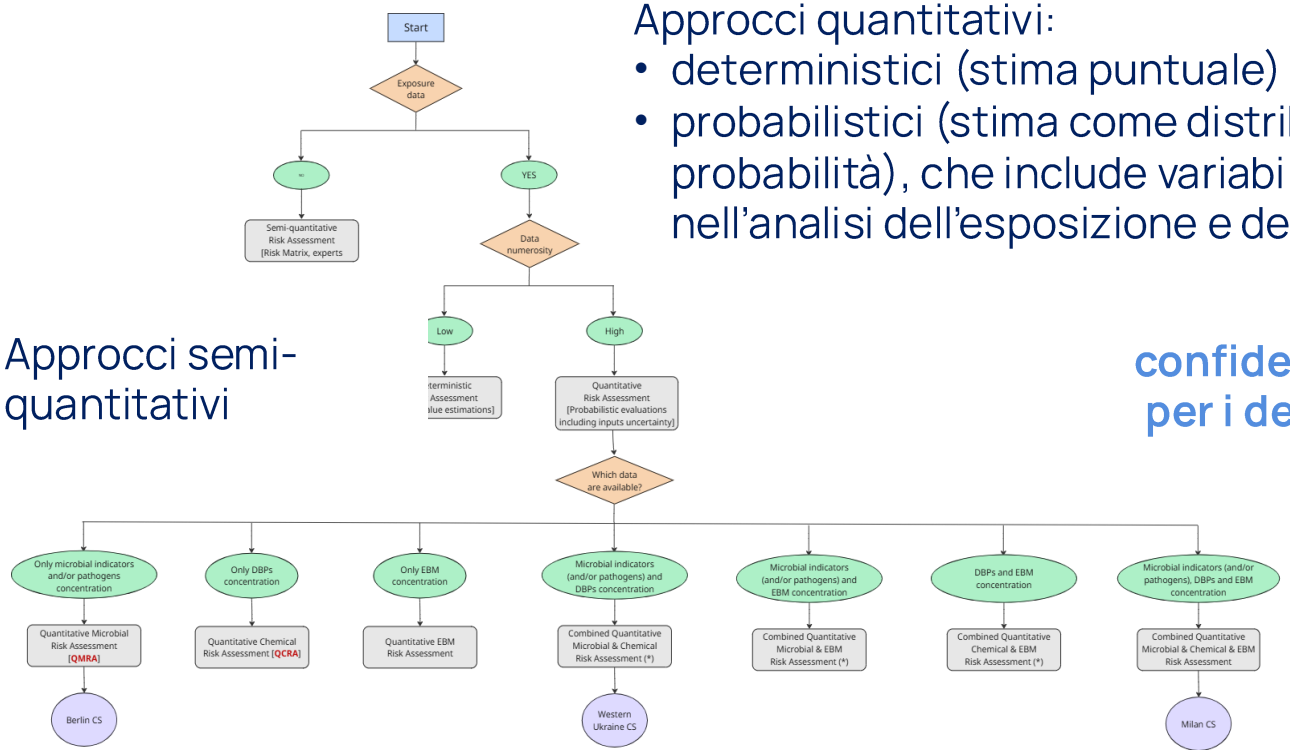
https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.148821

Il trade-off della disinfezione

Albero decisionale per guidare la scelta della valutazione di rischio più appropriata in funzione della disponibilità e robustezza dei dati

3 casi studi:

- Berlino (Germania)
- Milano (Italia)
- Ucraina (2 siti)



Approcci semi-quantitativi

Approcci quantitativi:

- deterministici (stima puntuale)
- probabilistici (stima come distribuzione di probabilità), che include variabilità e incertezza nell'analisi dell'esposizione e del pericolo

confidenza della stima per i decision-makers

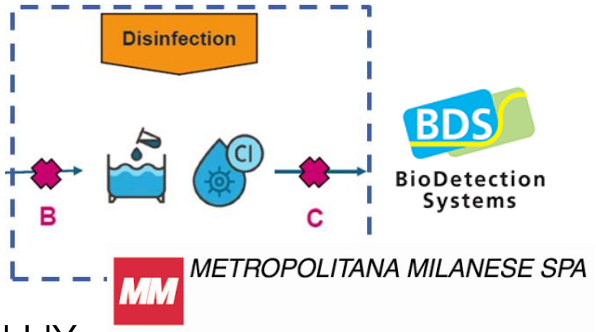
KWB Kompetenzzentrum Wasser Berlin

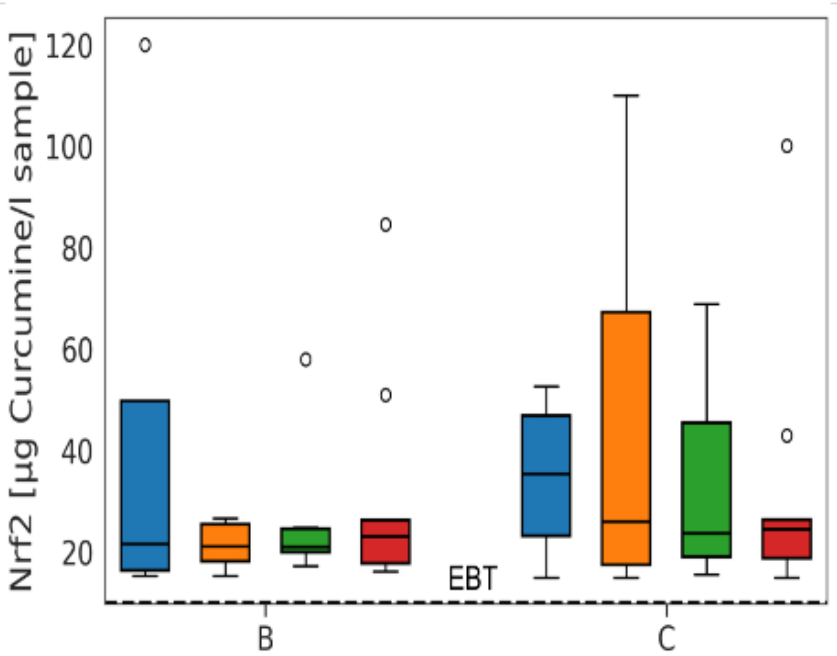
National University of Water and Environmental Engineering

Il trade-off della disinfezione

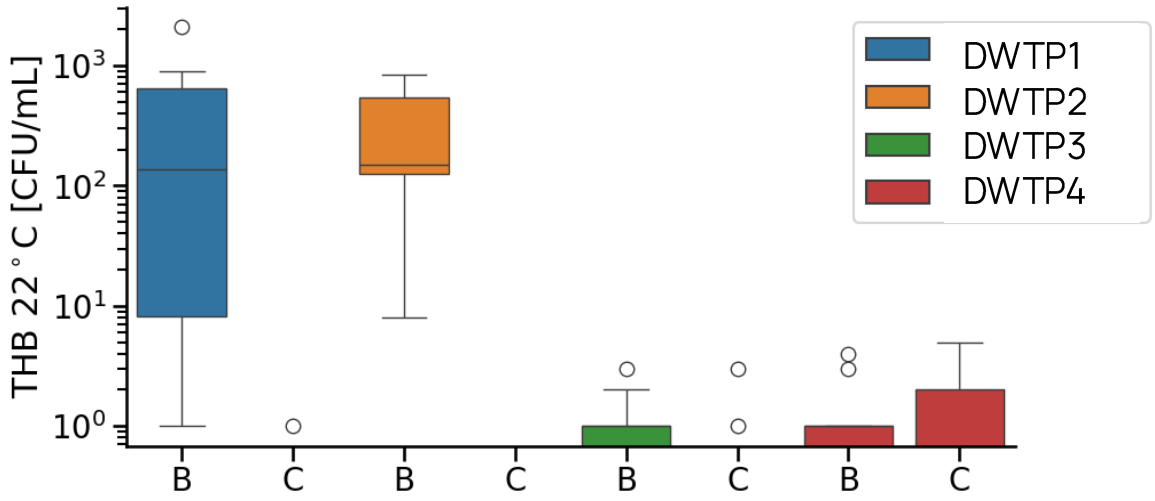
Milano (acqua di falda – clorazione finale)

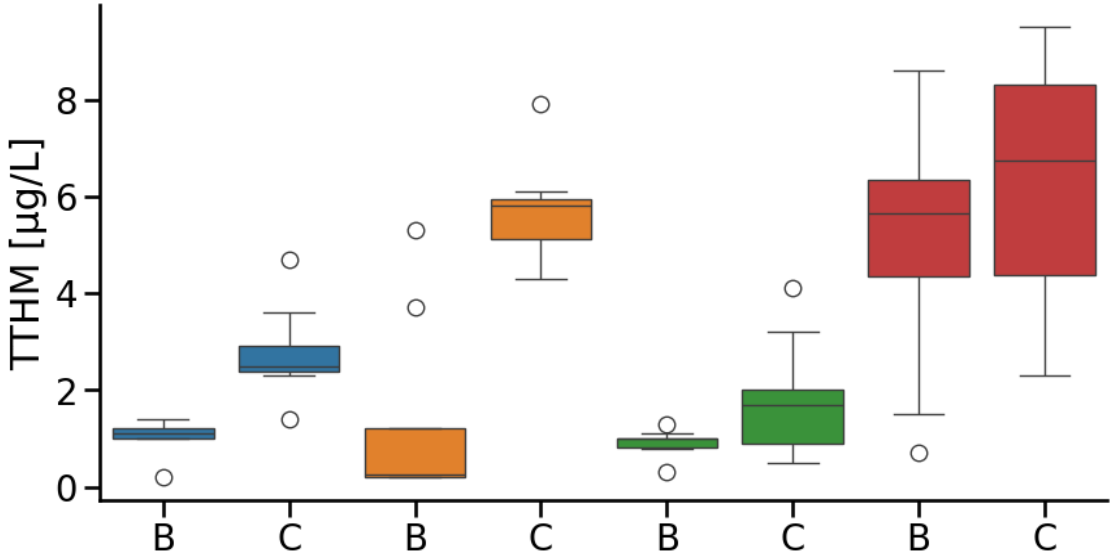
- monitoraggio microbiologico
- monitoraggio dei THMs
- profiling di tossicità tramite bioassays CALUX





THMs correlated to an activity in the ERa and Nrf2 bioassays

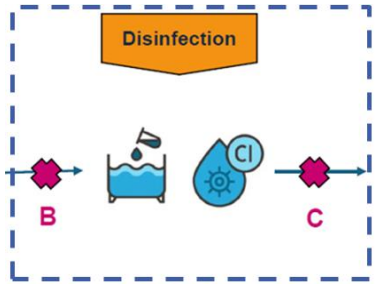


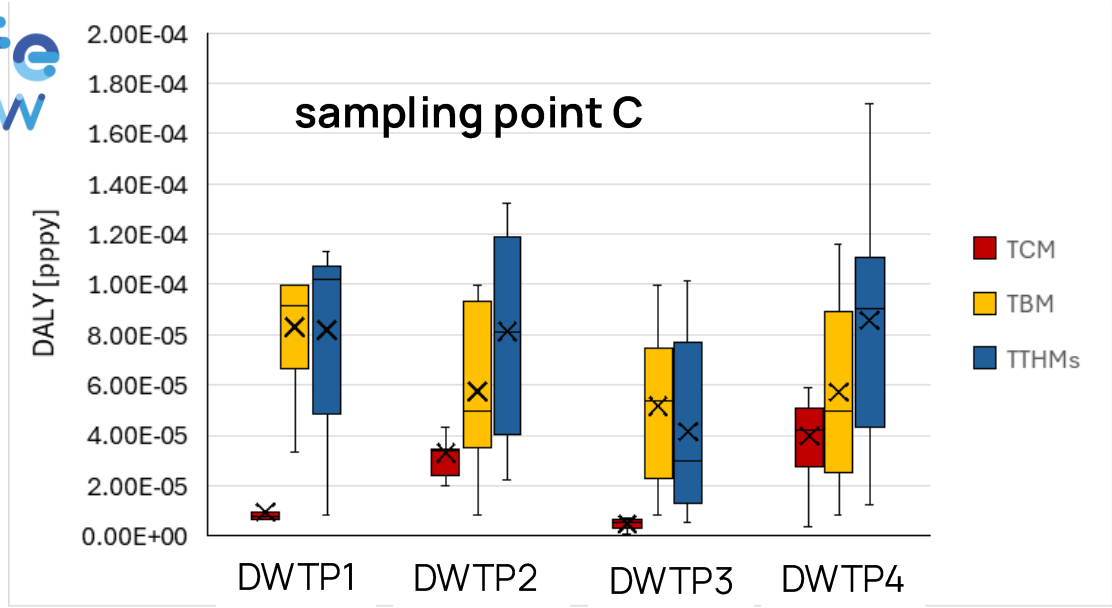


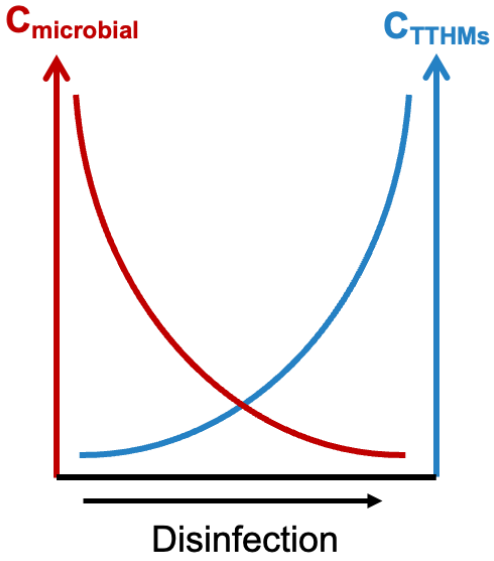
Il trade-off della disinfezione

Milano (acqua di falda – clorazione finale)

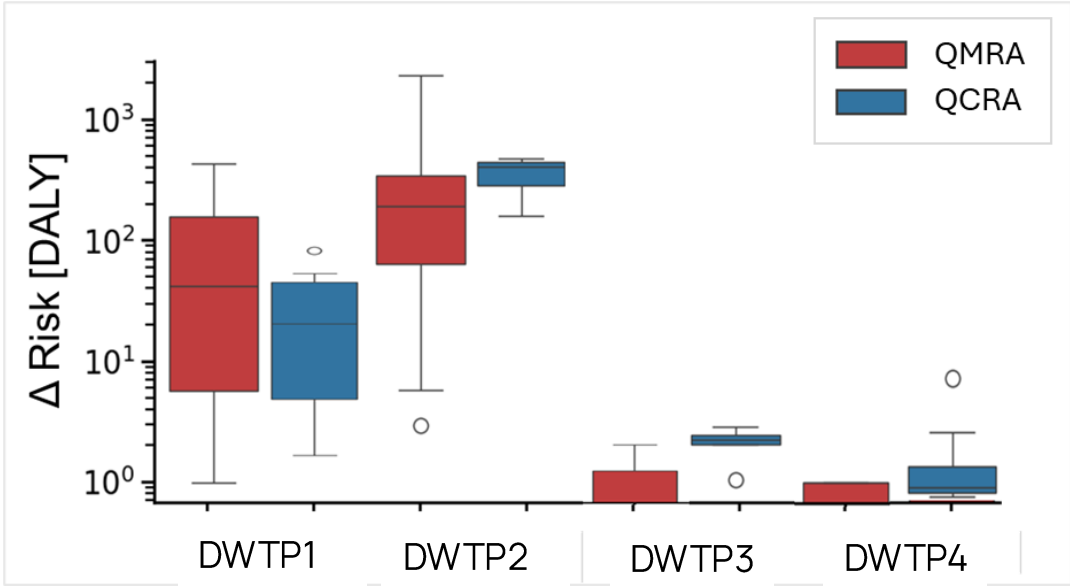
- monitoraggio microbiologico
- monitoraggio dei THMs
- profiling di tossicità tramite bioassays CALUX







disinfection trade-off translated as DALY (Disability-Adjusted-Life-Years)



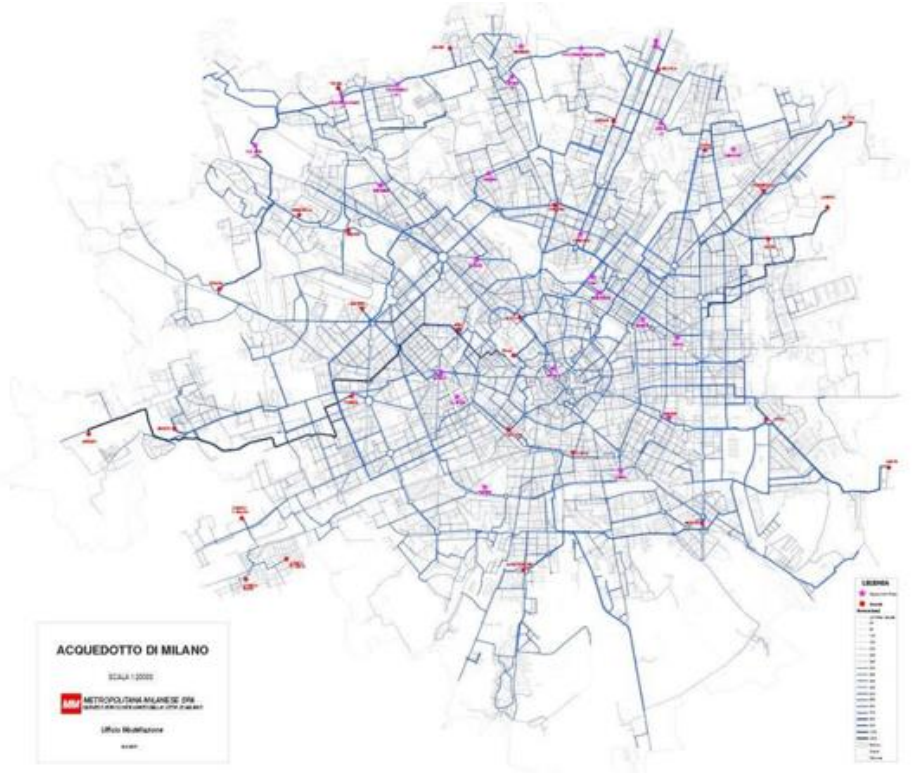
Monitoraggio avanzato

Il machine learning abilita lo sviluppo di soft sensors

Caso studio: punti di approvvigionamento pubblico nella città di Milano

- 8 punti di erogazione
- gennaio – dicembre 2024

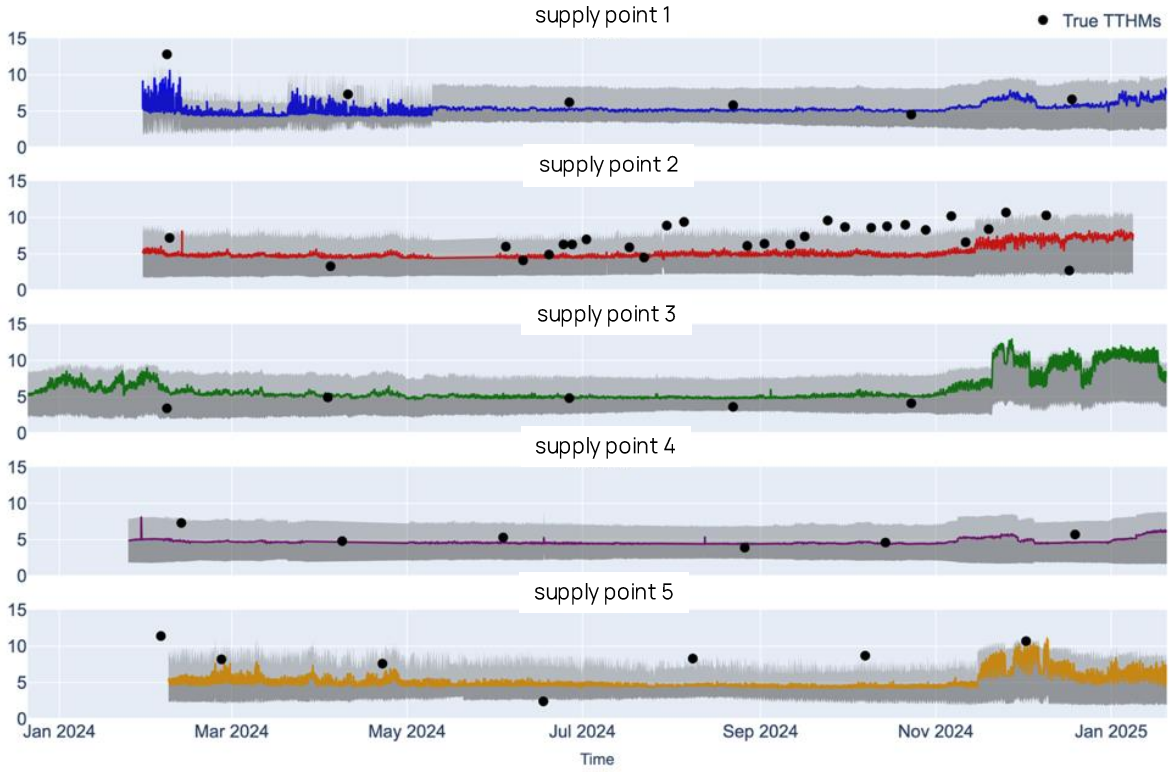
- Eterogeneità tra i diversi punti di approvvigionamento: individuazione di cluster omogenei
- Modelli specifici per ciascun cluster
- Buone prestazioni complessive, anche se le specificità locali e la stagionalità possono ridurre l'accuratezza in alcuni punti

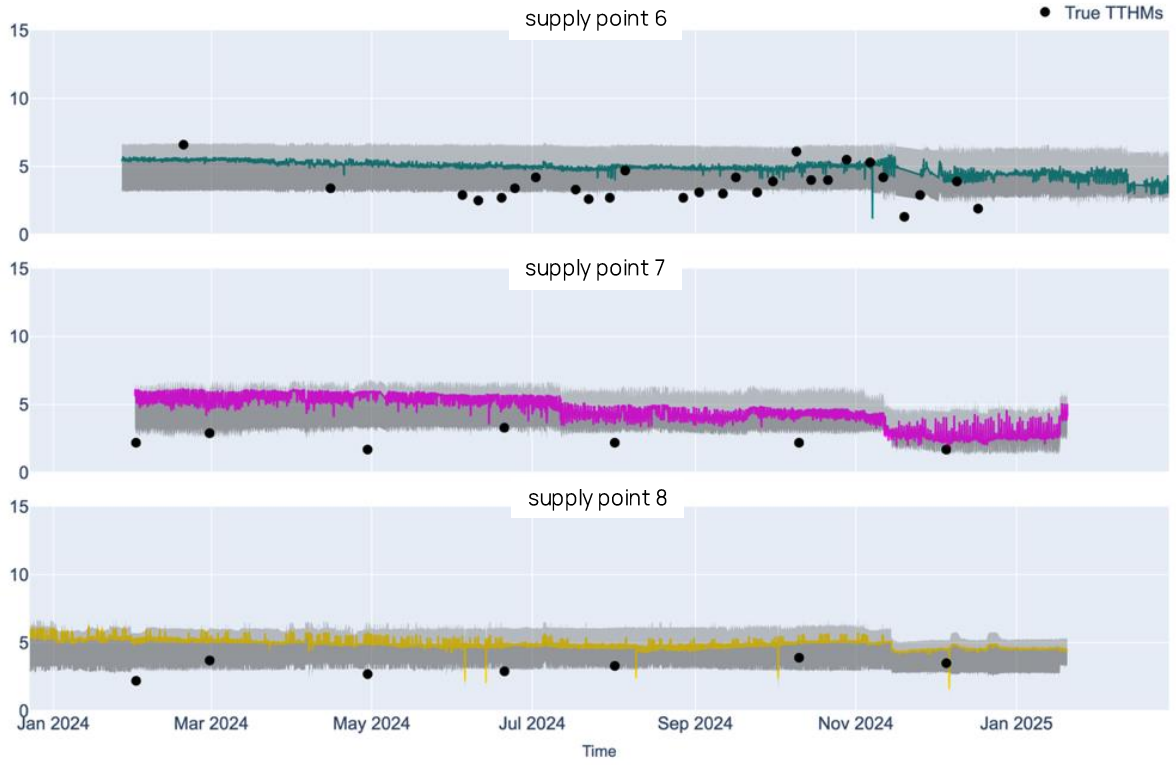


INPUT (~35000 samples)
Color
Temperature
pH
Conductivity
Nitrate
Free Chlorine
TOC

OUTPUT (~20 samples)
TTHMs

Monitoraggio avanzato





Dalla conoscenza all'applicazione

CONOSCENZA

- Integrare competenze e strumenti: monitoraggio, valutazione del rischio, trattamento e gestione

APPLICAZIONE

- Trasferire l'innovazione alla scala reale, tenendo conto delle specificità dei sistemi

GOVERNANCE

- Coinvolgere i diversi stakeholder per costruire strategie efficaci e sostenibili



POLITECNICO MILANO 1863 | DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA CIVILE E AMBIENTALE

Grazie!



Manuela Antonelli

Politecnico di Milano – Department of Civil and Environmental Engineering (DICA)

manuela.antonelli@polimi.it

linkedin.com/in/manuela-antonelli/

