

Limiti dell'ossidazione e dell'adsorbimento:

perché la combinazione Ozono + BAF
riduce i costi e migliora la rimozione
dei contaminanti

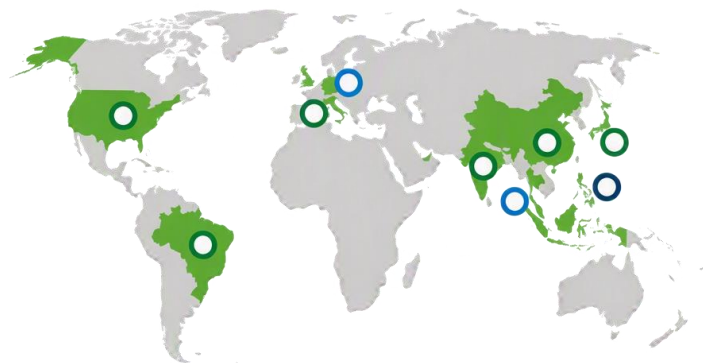
Cristian Carboni

7 ottobre 2026

De Nora

Presenza geografica equilibrata

Vicini alla base clienti e ai settori industriali strategici



Produzione



Fabbricazione



Centro di ingegneria



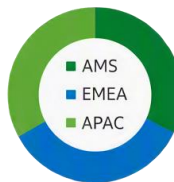
~670

Persone nelle
Tecnologie per l'Acqua

14
paesi

Vicini ai clienti
e con efficienza
produttiva

Stati Uniti
Brasile
Regno Unito
Germania
Italia
Emirati Arabi Uniti
India
Cina
Giappone
Filippine
Indonesia
Singapore
Malesia
Thailandia



~1
miliardo
di euro

Ricavi complessivi
2025 del Gruppo
De Nora

- Oltre **45 anni di esperienza** nell'ozono
- oltre **1.500 ozonizzatori** installati
- **Ampia gamma** di capacità, da 500 g/h a 113 kg/h;
- **Affidabilità operativa** grazie ai **controlli elettronici O3-SAFEGUARD™**, alla protezione con fusibili individuali.



Approccio richiesto

Le tecnologie non devono essere considerate singolarmente ma come parte di una strategia integrata orientata a efficienza energetica, sostenibilità economica e massimizzazione delle performance.

Integrazione con i processi esistenti per massimizzare l'efficienza ad esempio utilizzare l'ozonizzazione per l'ozonolisi o la preossidazione

Minimizzare il consumo energetico ad esempio utilizzando combinazioni di tecnologie come O3 + BAF

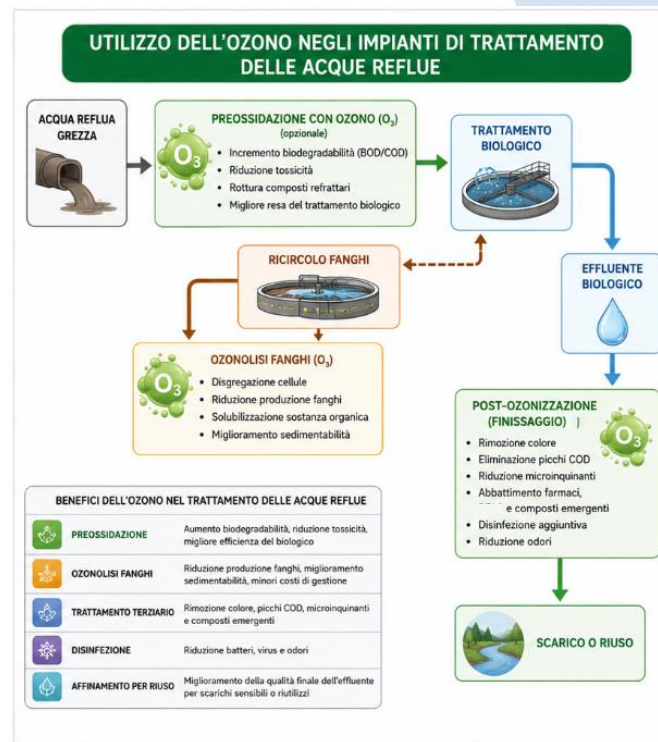


Ridurre l'impronta di carbonio ad esempio allungando la vita dei GAC

Ottimizzare l'uso delle risorse (GAC, ossigeno, energia) ad esempio recuperando l'ossigeno non disciolto dai processi di ozonizzazione



Utilizzi tradizionali dell'ozono in potabilizzazione e depurazione



Case studies

15 anni di storia

Svizzera 2011

Pilota O3.

Focus: dimostrazione
efficacia ozono su CeC

Olanda 2013: Horstermeer

Pilota O3 + GAC

Focus: dimostrare sinergie O3 +
GAC; estendere la vita dei GAC.

Efficienza di rimozione >90%,

Italia 2020: Sant'Antonino Ticino

Full-scale O3 + (UV)

Focus: dimostrare conformità
alla nuova UWWTD e
possibilità riutilizzo in
agricoltura

Olanda 2021: Houten

Full-scale O3

Focus: Conferma efficacia
ozono su impianti reali

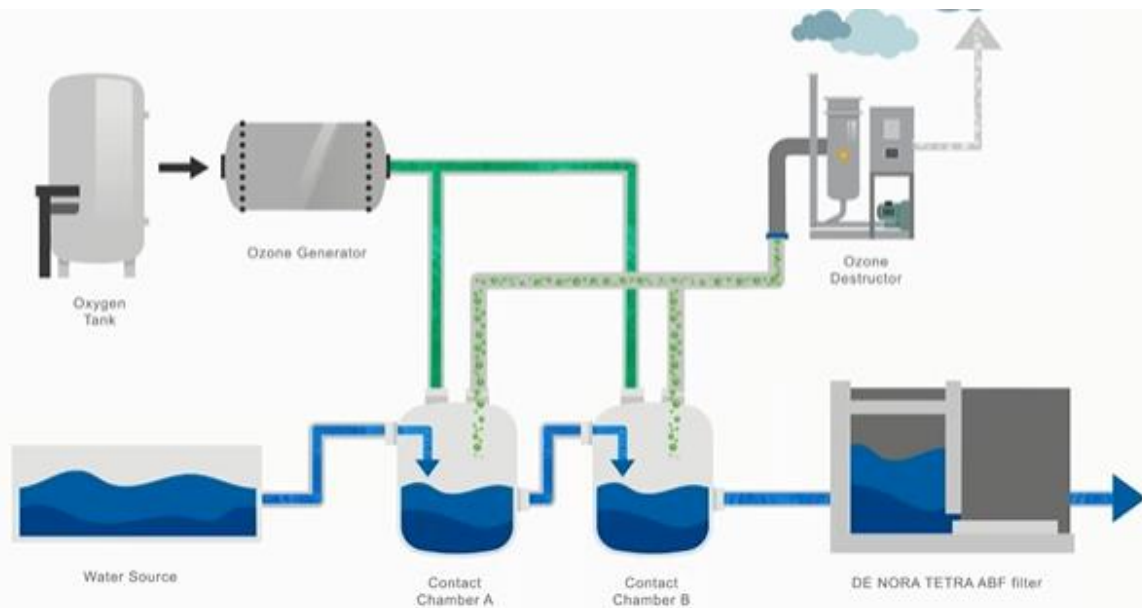
Olanda 2024: Winterswijk

Full-scale O3 + BAC +
Coagulazione

Focus: dimostrare sinergie
tra le diverse tecnologie



O3 + BAF (Biologic activated filter)



Questa presentazione contiene dati o immagini di De Nora Water Technologies Italy Srl. Non può essere riprodotta, in tutto o in parte, senza il consenso espresso di De Nora. Questo documento fa parte di una presentazione orale e, pertanto, è da considerarsi incompleto senza i relativi commenti orali.



O3 + BAF (Biologic activated filter)

L'ozono scompone principalmente le grandi molecole organiche presenti nell'acqua di partenza, dopodiché un filtro biologicamente attivo rimuove i contaminanti residui (come ad esempio la claritromicina o il sulfametossazolo) ed eventuali sottoprodotti di ozonizzazione.

- Riduzione dei costi delle apparecchiature per l'ozono
- Riduzione del consumo energetico e dei costi di sostituzione dei GAC
- In funzione delle caratteristiche dell'acqua e degli obiettivi di trattamento, si possono ridurre i tempi di contatto per l'ozono (15-25 minuti), e i tempi di contatto dei GAC (da 30 min a 20 min a seconda dei casi).
- Riduzione del fouling.

Case studies full scale Olanda 2021: Houten



Ozone technology partnership with De Nora

After a detailed comparison of different technologies, the HDSR Water Authority selected ozone technology as the basis of design. This was not only because of its proven and effective process to break down organic micropollutants in wastewater, such as endocrine-disrupting compounds and antibiotics, but also because of its low energy consumption, limited use of scarce raw materials, and low life-cycle cost. The compact and modular installation is designed to treat a maximum of 870 m3 of wastewater per hour using a De Nora Capital Controls® ozone generator.

Source: Nijhuis Saur Industries completes the first full-scale ozone solution at a Dutch sewage treatment plant for micropollutants and medical residue removal - Nijhuis Saur Industries

Questa presentazione contiene dati o immagini di De Nora Water Technologies Italy Srl. Non può essere riprodotta, in tutto o in parte, senza il consenso espresso di De Nora. Questo documento fa parte di una presentazione orale e, pertanto, è da considerarsi incompleto senza i relativi commenti orali.

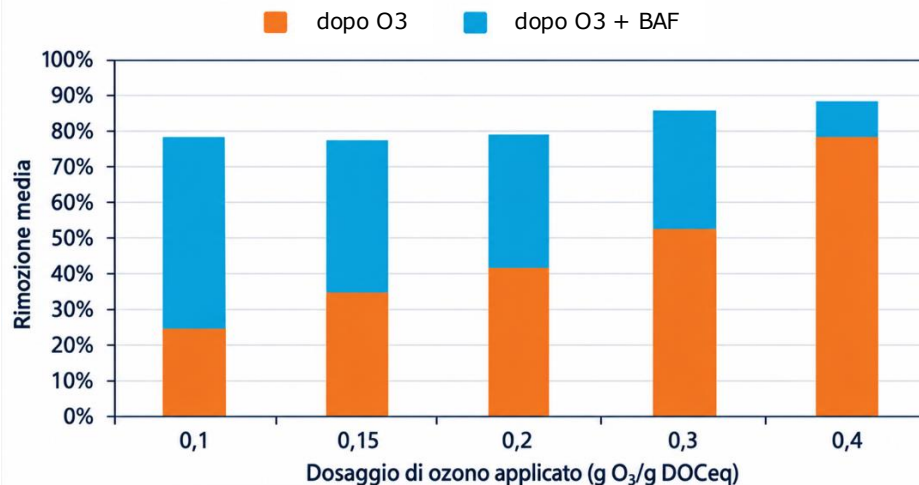


Case studies full scale Olanda 2024 Winterswijk



DOC: 20 mg/L

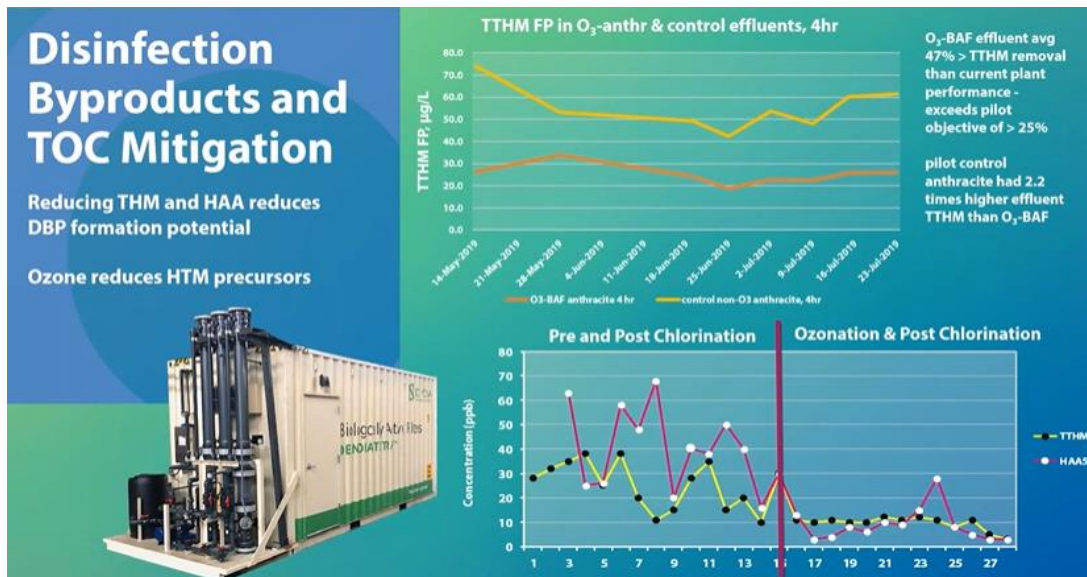
Figura 1. Rimozione media di tutti i micropollutanti misurati a diverse concentrazioni di ozono



Source: Advanced removal of nutrients and pharmaceutical residues with post-treatment WWTP Winterswijk - Nijhuis Saur Industries

Caso studio: O₃ + BAF in potabilizzazione

L'utilizzo dei processi O₃ + BAF riduce la formazione di sottoprodotti della disinfezione negli Impianti di potabilizzazione con ridotti consumi energetici rispetto ai sistemi di sola ozonizzazione



L'integrazione O₃ + BAF consente di ridurre la formazione dei sottoprodotti della disinfezione (THM e HAA) limitando al contempo i consumi energetici rispetto a sistemi basati esclusivamente sull'ozonizzazione.

CapEx e OpEx

CapEx: varia a seconda dei livelli di DOC, delle tipologie di componenti e lavori necessari. Impianti da 5 a 25 Kg/h possono costare da 500.000-1.000.000 a 800.000-1.500.000 euro a cui vanno sommati i lavori civili. Il generatore di ozono può incidere per un 30-40%, ma ci sono molte altre componenti che incidono (sistemi di preparazione dell'aria, sistemi di raffreddamento, sensori, PLC, sistemi di contatto, eventuali container, ingegneria, project management, sistemi di distruzione ozono non miscelato, ecc.)

generatore ozono + alimentazione: 30-40%
sistema ossigeno (LOX / PSA): 20-25%
reattore + diffusione: 15-25%
off-gas destruction: 5-10%
civili, piping, E&I: 20-30%

Nota: i valori indicativi. Il costo dipende da portata, qualità dell'acqua, dose di ozono, requisiti di ridondanza e opere accessorie.



CapEx e OpEx

Opex:

Parametro	Unità	Valore
Consumo energia	kWh/kg O ₃	10
Consumo ossigeno (reale impianto)	kg O ₂ /kg O ₃	10
Costo energia	€/kWh	0,13
Costo ossigeno	€/kg O ₂	0,07

Voce	Range
Energia	1,0 – 1,8 €/kg O ₃
Ossigeno	0,5 – 0,9 €/kg O ₃
Totale utilities	👉 1,5 – 2,5 €/kg O₃

A cui vanno sommati i costi di manutenzione

Importanza dei piloti e dei test



Sperimentare significa:

- evitare sovradimensionamenti
- confermare le proiezioni e/o scoprire interferenze;
- risolvere i problemi prima della scalabilità;
- testare diverse configurazioni e media;
- verificare eventuali problemi stagionali;
- valutare correttamente la Total Cost of Ownership;
- individuare media più performanti che consentono di ridurre i costi anche nelle utilities che hanno già dei GAC in uso

Progetti ricerca



Integrazione O_3 + GAC per migliorare la gestione della matrice organica e preservare la capacità adsorbente dei carboni dedicata ai PFAS

Sulla base delle esperienze di De Nora per la rimozione di microinquinanti, la durata utile dei carboni può aumentare da 2 a 5 volte in termini di BV in funzione delle caratteristiche dell'acqua e del carico organico

Ed in un prossimo futuro...

Rigenerazione e distruzione on site

GAC REGENERATION

Granular Activated Carbon (GAC) is used to remove organics, such as pesticides and taste and odour compounds. GAC needs to be regenerated thermally, typically every 3 years, which is both costly and carbon intensive. This project will investigate different ways to regenerate GAC locally reducing both financial and carbon costs.



**Grazie per l'attenzione.
Domande?**

cristian.carboni@denora.com



DE NORA
Dare. Develop. Deliver.