



Università degli Studi di Catania
Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale

**IL TRATTAMENTO DELLE ACQUE DESTINATE AL CONSUMO UMANO:
PROBLEMATICHE TECNICHE, ANALITICHE E DI GESTIONE ALLA LUCE DEL
D. LGS. 31/2001**

Interventi di upgrade degli impianti di trattamento delle acque destinate al consumo umano

Federico G.A. Vagliasindi e Paolo Roccaro



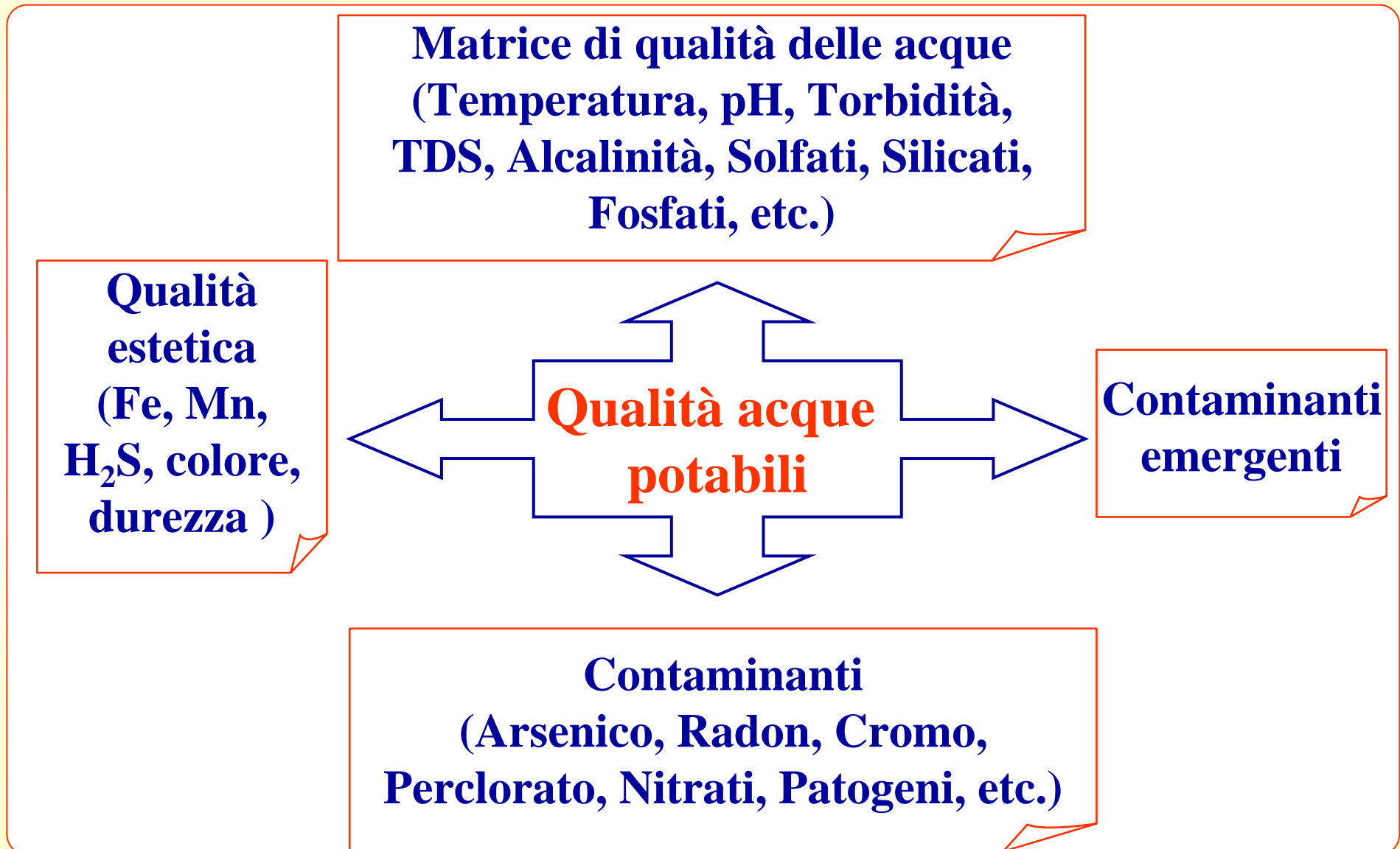
CSISA-Onlus

CENTRO STUDI DI INGEGNERIA SANITARIA AMBIENTALE

www.csisa.it; info@csisa.it

Fisciano (SA), 9-10 Febbraio 2007

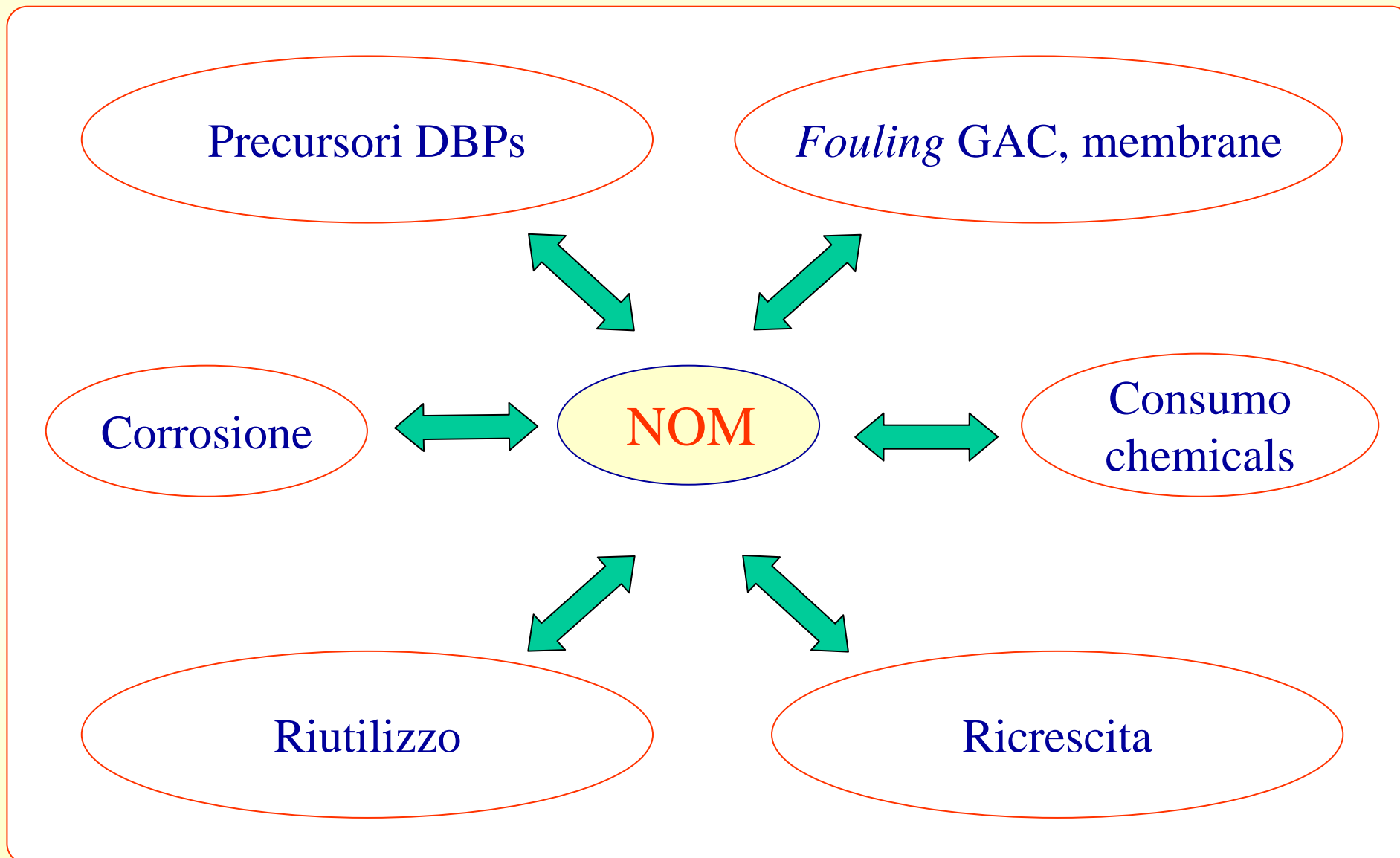
Qualità delle acque destinate al consumo umano



Qualità delle acque destinate al consumo umano: Origine della contaminazione

- **Caratteristiche della sorgente**
 - acque superficiali e sotterranee soggette a inquinamento puntuale e diffuso
 - inquinamento di origine “naturale”
- **Deterioramento nel corso del trattamento di potabilizzazione e della distribuzione**
 - formazione dei sottoprodotti di disinfezione (DBPs) a causa dell'utilizzo di disinfettanti/ossidanti
 - presenza nell'effluente di residui metallici (tipicamente ferro e alluminio) a causa dell'utilizzo di coagulanti
 - formazione di biofilm, ricrescita batterica e rilascio di metalli tossici (principalmente rame e piombo) a causa della corrosione delle condotte

Qualità delle acque e NOM: Problematiche



Qualità delle acque destinate al consumo umano: Normativa di riferimento

- WHO
- U.S. EPA
- Direttiva 98/83/EC
- D.Lgs. 31/2001
 - **Nuovi parametri** (per esempio alcuni DBPs e vanadio) e **limiti più restrittivi** per i metalli ritenuti più tossici quali l'arsenico, il piombo ed il nichel
 - Conformità al **punto di consegna**
- D.Lgs. 152/2006



Valori limite stringenti: il caso dei TTHMs

State/Regulation	Trihalomethanes limit value MCL (µg/L)	State/Regulation	Trihalomethanes limit value MCL (µg/L)
WHO (Guidelines 2004)	*	Ireland	100
EPA (2006)	80	Luxembourg	50
Directive 98/83/EC	100	Norway	100
Italy	30	Sweden	50
Germany	50	Switzerland	25
Spain	100	England and Scotland	100
Austria	30	Czech Republic	100
Belgium	30	Israel	100

** The sum of the ratio of the concentration of each compounds (chloroform, bromoform, dibromochloromethane, bromodichloromethane) to its respective guideline value should not exceed 1*

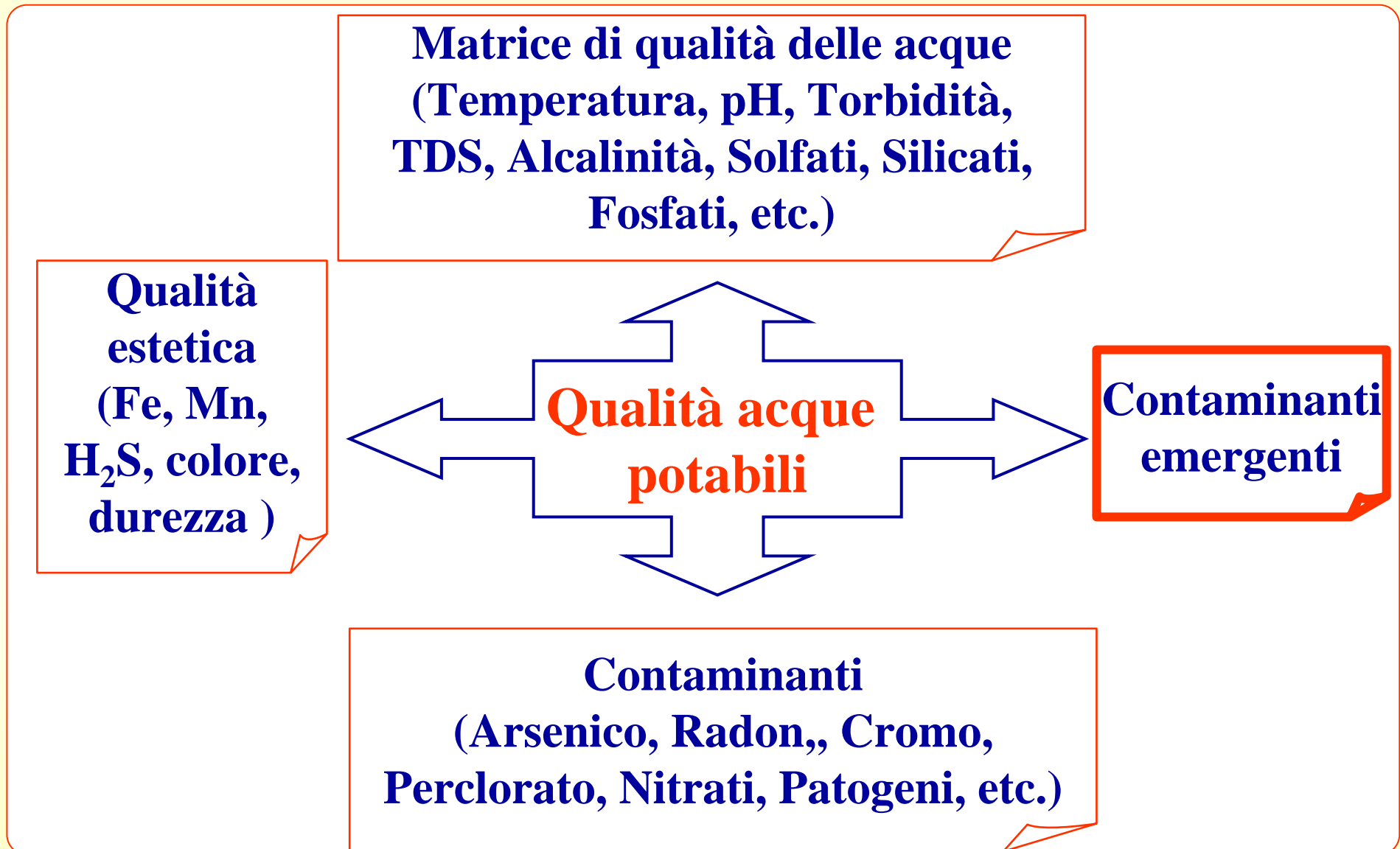
Valori limite stringenti: il caso del Vanadio

- **Limite restrittivo**
- **Successive deroghe**
- **Studi in corso sulla reale tossicità del Vanadio**



- **.....ma il Vanadio è controllato nelle acque minerali?**

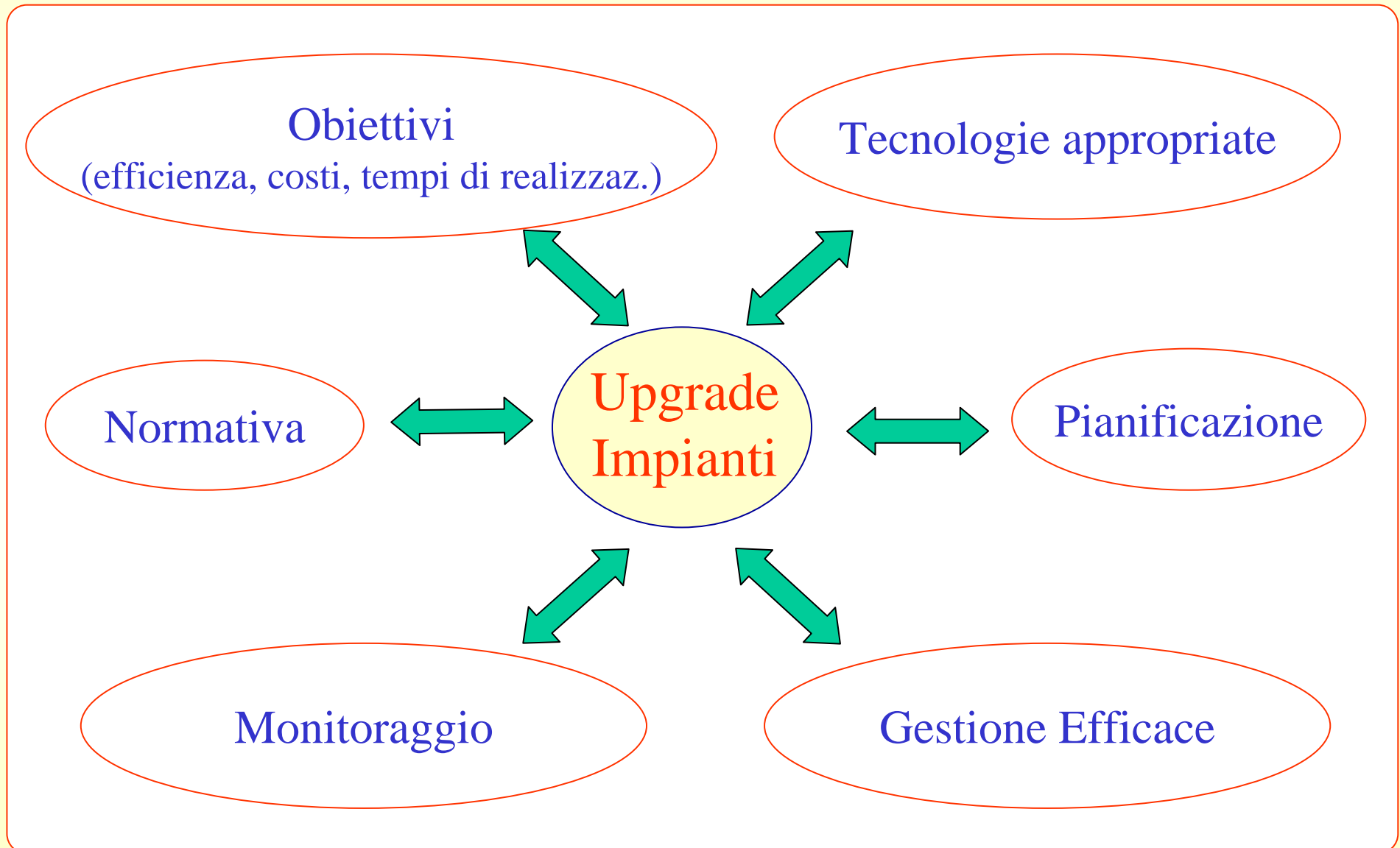
Qualità delle acque destinate al consumo umano



Contaminanti emergenti

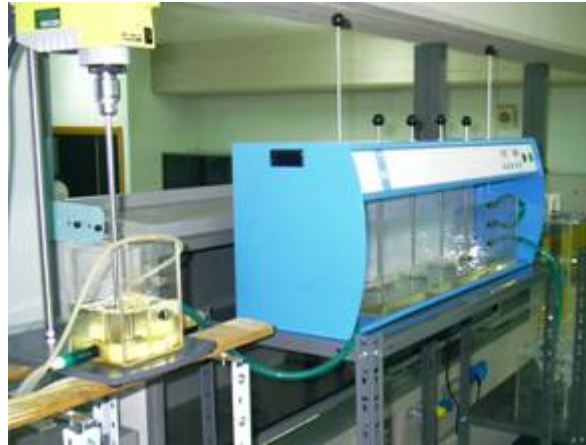
- **2nd Contaminant Candidate List (EPA): 51 contamin.**
 - **Cianobatteri, alghe e loro tossine**
 - **Residui prodotti farmaceutici, Distruttori Endocrini, Pesticidi e derivati**
 - **Contaminanti volatili**
 - **Perclorato (ClO_4^-), MTBE**
 - **Vanadio, Boro**
 - **DBPs non normati: NDMA, nitrosamines, iodo-THMs, acidi iodati, clorurati e bromurati, etc.**
- **Contaminanti normati a livello internazionale**
 - **Cryptosporidium, Giardia**
 - **DBPs: THMs, HAAs**

Upgrade degli impianti: trattamenti appropriati



Tecnologie per il trattamento delle acque destinate al consumo umano

Aerazione



Coagulazione e flocculazione

Scambio ionico



Sedimentazione

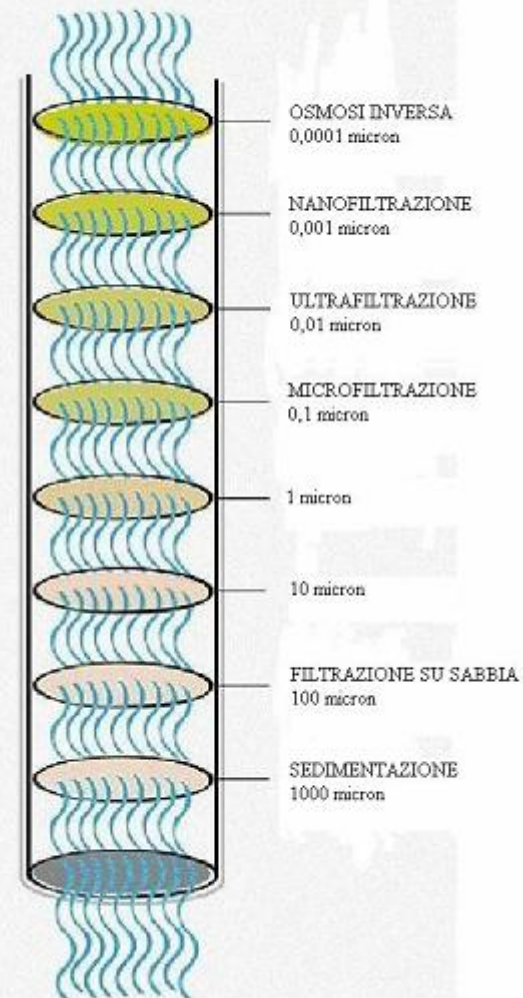


Addolcimento (calce e soda)

Tecnologie per il trattamento delle acque destinate al consumo umano



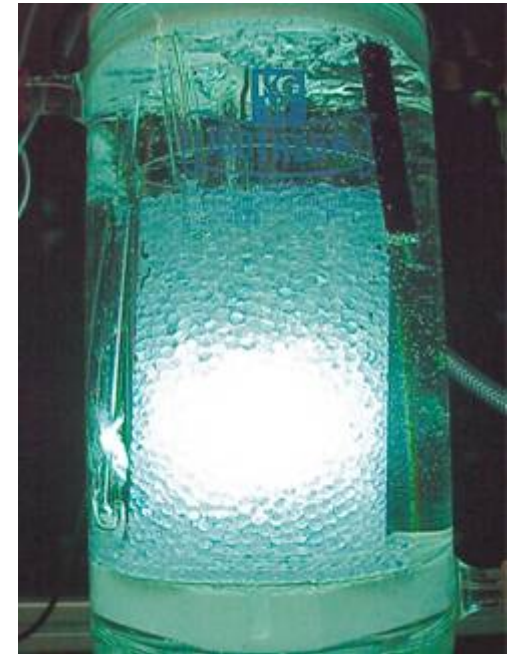
Membrane (MF, UF, NF, RO)



Filtrazione su mezzi granulari o adsorbenti



Tecnologie per il trattamento delle acque destinate al consumo umano



Ossidazione e disinfezione
(Cl₂, O₃, UV, H₂O₂, KMnO₄, fotocatalisi, etc.)



Tecnologie innovative per l'upgrade degli impianti

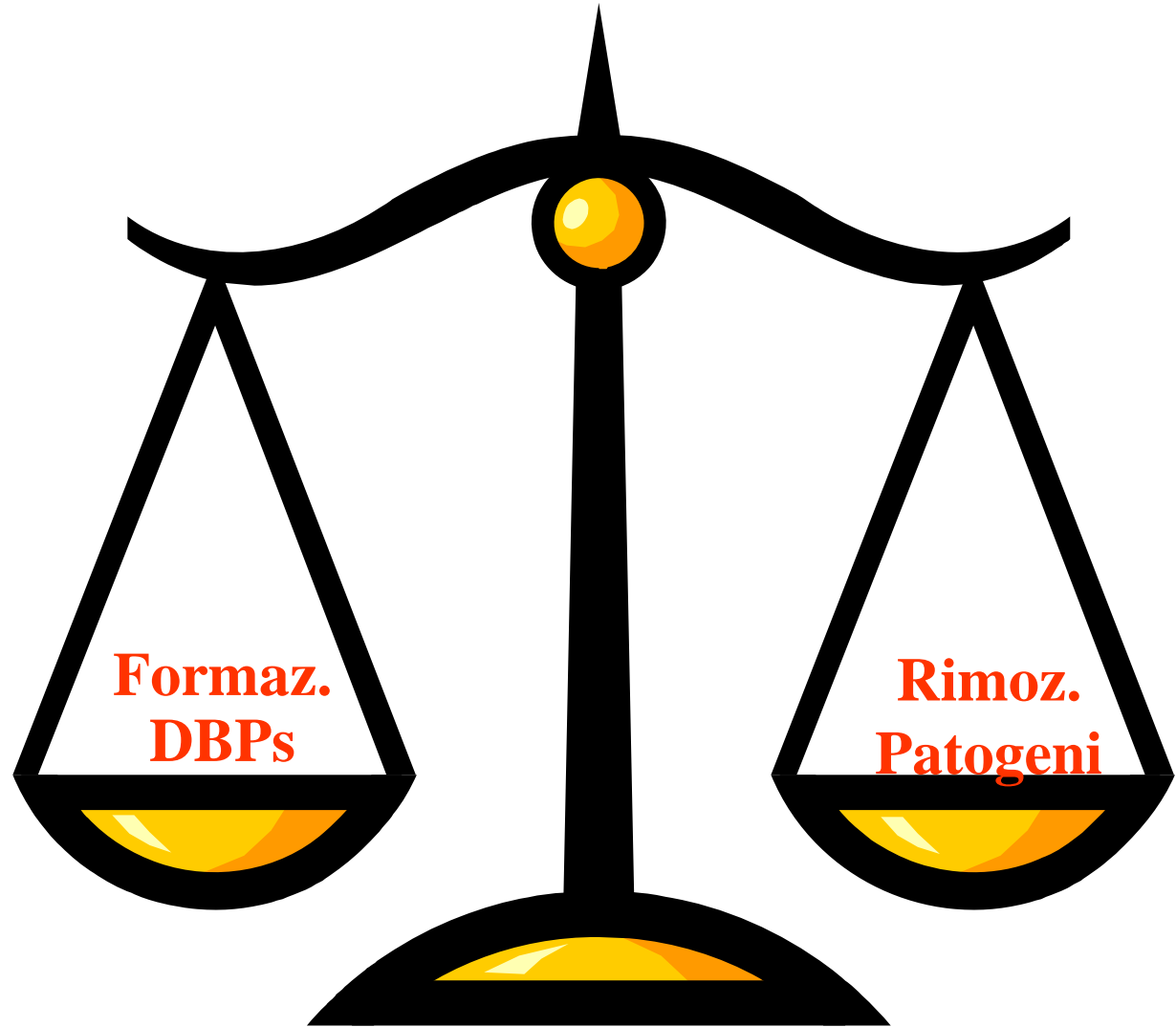
- **Processi a membrana**
 - **Qualità elevata del permeato**
 - **Rimozione altissima di SS e sostanze organiche**
 - **Controllo del contenuto di Sali**
 - **Spazi ridotti**
 - **Fouling**
 - **Costi elevati**

Tecnologie innovative per l'upgrade degli impianti

- **Magnetized Ion Exchange (MIEX[®])**
 - Resine magnetiche a scambio ionico (base forte)
 - Rimozione di componenti anionici della NOM
 - Riduzione DBPs
 - Miglioramento della coagulazione
 - Riduzione della domanda di ossidante
 - Rimozione di altri anioni: bromuro, solfuro, arsenico, perclorato
 - Costi compresi fra coagulazione migliorata e GAC

Upgrade degli impianti: difficoltà.....

*Minimizzare la
formazione dei
DBPs e
garantire una
adeguata
inattivazione
degli organismi
patogeni*



Upgrade degli impianti: casi studio

- **La rimozione della NOM per il controllo dei DBPs è la tecnica consigliata**
 - Tuttavia in presenza di bromuro cambierebbe la speciazione dei DBP, con incremento delle specie bromurate (più pericolose)
- **L'utilizzo di tecniche di preossidazione e disinfezione finale alternative al cloro (es. clorammine, UV, ozono) generano altri sottoprodotti (alcuni probabilmente sconosciuti)**

Upgrade degli impianti: casi studio

- **La rimozione a scala pilota del vanadio dalle acque della falda etnea** è stata ottenuta tramite adsorbimento sui fiocchi di idrossido ferrico formatisi durante il processo di chiariflocculazione (con cloruro ferrico)
- **Fattori limitanti del processo**
 - Tempi di contatto (necessità di fase di flocculazione)
 - Controllo del ferro in uscita (polielettrolita)
 - Controllo del volume di fanghi prodotti



PROGRAMMI DI RICERCA SCIENTIFICA DI RILEVANTE INTERESSE NAZIONALE (anno 2004)

UNIVERSITA' DI CATANIA



DICA

Controllo e monitoraggio della qualità di risorse idriche destinate al consumo umano

S.Info.APO-TEC: Sistema Informativo Acque POTabili-Trattamenti E Costi

[Home](#) [Introduzione](#) [Normativa](#) [Approvvigionamento idrico](#) [Trattamenti](#) [Schemi e costi di trattamento](#) [Bibliografia](#) [Links](#) [Glossario](#)



S.Info.APO:TEC

(Sistema Informativo Acque POTabili: Trattamenti E Costi)

Al fine di avere uno strumento più efficace e interattivo, è stato realizzato il **Sistema Informativo Acque POTabili: Trattamenti E Costi (S.Info.APO:TEC)** su base WEB

Il **S.Info.APO:TEC** consente di ottenere le informazioni relative alle acque destinate al consumo umano, ai processi di trattamento appropriati e ai costi di trattamento che giocano un ruolo importante nella scelta della tipologia di impianto.

In particolare, il **S.Info.APO:TEC** permette il calcolo automatico del costo unitario di trattamento (€m^3), che è uno dei fattori più rilevanti per lo studio di fattibilità degli impianti di trattamento delle acque destinate al consumo umano.

S.Info.APO:TEC

(Sistema Informativo Acque POtabili: Trattamenti E Costi)

- Sono stati considerati **diversi schemi di trattamento di riferimento per una stima di massima dei costi di trattamento**
- **Acque superficiali: 3 schemi**
 - Schema S1 per la Categoria A1
 - Schema S2 per la Categoria A2
 - Schema S3 per la Categoria A3
- **Acque sotterranee: 6 schemi (P0, P1, P2, P3, P4, P5) in modo da coprire le diverse casistiche di contaminazione delle acque profonde.**

S.Info.APO:TEC

(Sistema Informativo Acque POTabili: Trattamenti E Costi)

Metodologie per la valutazione dei costi capitali ed operativi

- 1) **Valutazione analitica:** sulla base di un progetto esecutivo vengono valutate le singole voci di spesa al fine di pervenire all'importo a base d'asta (Computo metrico);
 - Serve una progettazione già sviluppata esecutivamente;
 - Difficoltà a reperire i costi di attrezzature ed opere elettromeccaniche per impianti di depurazione (Non esistono delle voci di questo genere sul prezzo regionale Siciliano)
- 2) **Valutazione non analitica:** stima di massima per la valutazione dei costi unitari di trattamento ($\text{€}/\text{m}^3$) ricavabili da:
 - Dati e metodologie proposte in letteratura
 - Database regionali dei costi di costruzione e gestione degli impianti esistenti

S.Info.APO:TEC

(Sistema Informativo Acque POTabili: Trattamenti E Costi)

- I **costi capitali** vengono espressi in € e includono:
 - Scavo e preparazione del sito
 - Attrezzature
 - Calcestruzzo
 - Acciaio
 - Manodopera
 - Tubazioni e valvolame
 - Attrezzature e strumentazioni elettriche
 - Edifici.
- Tra i costi capitali vanno inoltre considerate le somme a disposizione della stazione appaltante:
 - IVA
 - Spese tecniche (relazione geologica, progettazione e direzione lavori)
 - Acquisto area ed espropri
 - Servitù
 - Allacciamenti (elettricità e servizio idrico)
 - Imprevisti (<5%).



S.Info.APO:TEC

(Sistema Informativo Acque POTabili: Trattamenti E Costi)

- **I costi di esercizio** vengono espressi in €/anno e includono:
 - Personale operativo e di impianto
 - Spese energetiche
 - Reagenti di processo
 - Smaltimento fanghi
 - Manutenzione ordinaria e straordinaria delle opere (compresi i materiali di consumo)
- Vanno inoltre valutati i costi di esercizio a livello centrale comprendenti:
 - Costi per il personale amministrativo e di controllo;
 - Spese generali (materiali d'ufficio, automezzi e mezzi d'opera, spese per materiale di laboratorio)

S.Info.APO:TEC

(Sistema Informativo Acque POTabili: Trattamenti E Costi)

- In fase di pianificazione il **confronto economico tra varie alternative di trattamento** viene condotto sommando i costi di esercizio e gli oneri annui di ammortamento dei costi capitali
- **L'ammortamento dei costi capitali** può effettuarsi in base al tasso annuo di interesse e considerando la durata funzionale dell'impianto di trattamento
- Il **tasso annuo di interesse** viene stabilito sulla base dei tassi bancari correnti
- La **durata funzionale** può essere valutata distintamente per le opere civili e per le attrezzature elettromeccaniche.

S.Info.APO:TEC

(Sistema Informativo Acque POTabili: Trattamenti E Costi)

- È stato ipotizzato un tasso annuo di interesse del 5% ed una vita funzionale di 10 anni per le parti elettromeccaniche e 30 anni per le opere civili
- Per il calcolo dei costi delle opere civili si è fatto riferimento al **prezzario regionale per il Lavori Pubblici nella Regione Siciliana del 2004.**
- I costi delle singole **apparecchiature elettromeccaniche** sono stati reperiti attraverso opportune **indagini di mercato**
- I **costi di esercizio** sono stati stimati, sulla base dei **dati di letteratura** (Bonomo, 1992)

S.Info.APO:TEC

(Sistema Informativo Acque POTabili: Trattamenti E Costi)

$$\text{OACC} = \frac{i (1 + i)^n}{(1 + i)^n - 1} C_o$$

- OACC = onere annuo di ammortamento €/anno
- i = tasso di interesse
- n = numero di anni di vita funzionale dell'opera
- Co = costo capitale dell'opera

S.Info.APO:TEC

(Sistema Informativo Acque POTabili: Trattamenti E Costi)

- Il **Costo Unitario Totale (CUT)** viene solitamente espresso in €/m³ di acqua trattata

$$\text{CUT} = \frac{\text{OACC} + \text{CTE}}{\text{Qinf}}$$

- **Qinf** = portata annua influente all'impianto (m³/anno)
- **OACC** = onere annuo di ammortamento dei costi capitali (€/anno)
- **CTE** = costi totali di esercizio (€/anno)

S.Info.APO:TEC

(Sistema Informativo Acque POtabili: Trattamenti E Costi)

La metodologia seguita per la costruzione delle curve di costo unitario ($\text{€}/\text{m}^3$), per ciascuno schema di trattamento proposto, ha previsto il calcolo dei costi capitali, di gestione e unitari (totali), relativi a 5 diverse dimensioni di impianto.

Sono stati calcolati i costi unitari, comprensivi dei costi capitali e di gestione, per ciascuno schema proposto considerando 5.000, 10.000, 50.000, 100.000 e 200.000 abitanti serviti ed una dotazione idrica di 300 l/ab d.

Le curve di costo unitario ($\text{€}/\text{m}^3$) che legano i costi al numero di abitanti sono state ricavate, per ciascun schema, interpolando i quattro punti sperimentali noti.



PROGRAMMI DI RICERCA SCIENTIFICA DI RILEVANTE INTERESSE NAZIONALE (anno 2004)

UNIVERSITA' DI CATANIA



DICA

Controllo e monitoraggio della qualità di risorse idriche destinate al consumo umano

S.Info.APO-TEC: Sistema Informativo Acque POTabili-Trattamenti E Costi

[Home](#) [Introduzione](#) [Normativa](#) [Approvvigionamento idrico](#) [Trattamenti](#) [Schemi e costi di trattamento](#) [Bibliografia](#) [Links](#) [Glossario](#)



Conclusioni

- Realizzazione di nuovi impianti di trattamento o **adeguamento degli impianti** esistenti per il rispetto di nuovi limiti
- Importanza della scelta del trattamento opportuno
 - **Coniugare: innovazione tecnologica, costi di trattamento e semplicità gestionale**
- Gli **schemi proposti** sono un riferimento per l'individuazione, al variare delle caratteristiche della risorsa da trattare, del ciclo di trattamento appropriato;
- Le **curve di costo unitario** consentono di ottenere indicazioni utili per verificare in via preliminare la sostenibilità economica del trattamento necessario;
- **S.Info.APo.TEC** (schemi appropriati e i relativi costi unitari in € per metro cubo di acqua trattata) è uno strumento di supporto utile agli operatori del settore per la scelta del trattamento appropriato.

Prospettive future

- **Tutela delle risorse idriche**
 - pianificazione a lungo termine
 - gestione integrata delle risorse idriche
 - priorità acque destinate al consumo umano
 - **qualità “al rubinetto”**: upgrade integrato trattamento+distribuzione
 - **più confidenza dei consumatori “al rubinetto”**
 - **più controlli**
 - **tutela quantitativa: risparmio idrico**
- **Aggiornamento normativo (nuovi parametri di qualità)**
- **Adeguare gli impianti di trattamento (fondi)**
- **Ricerca scientifica**



Università degli Studi di Catania
Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale

**IL TRATTAMENTO DELLE ACQUE DESTINATE AL CONSUMO UMANO:
PROBLEMATICHE TECNICHE, ANALITICHE E DI GESTIONE ALLA LUCE DEL
D. LGS. 31/2001**

**Interventi di upgrade degli impianti di
trattamento delle acque destinate al consumo
umano**

Federico G.A. Vagliasindi e Paolo Roccaro



CSISA-Onlus
CENTRO STUDI DI INGEGNERIA SANITARIA AMBIENTALE
www.csisa.it; info@csisa.it

Fisciano (SA), 9-10 Febbraio 2007