



Giornata di Studio
Risorse Idriche e Sviluppo Sostenibile
Il Ruolo della Ricerca

Acqua e Ambiente

Maurizio Pettine
ISTITUTO di RICERCA sulle ACQUE – Roma
pettine@irsa.cnr.it

CNR – Dipartimento Terra e Ambiente
Roma, 3 marzo 2009



OUTLINE

CONSIDERAZIONI GENERALI: il pianeta blu e la disponibilità di acqua

GLI ECOSISTEMI ACQUATICI: le direttive Europee (2000/60/CE; 2008/56/CE; 2008/105/CE), lo stato ecologico, gli standard di qualità

LE ACQUE SOTTERRANEE: la direttiva Europea (2006/118/CE), lo stato chimico e lo stato quantitativo, gli scambi tra falda ed acqua di superficie

LE CRITICITA' SCIENTIFICHE E APPLICATIVE DELLE DIRETTIVE

TRATTAMENTI ACQUE: limiti differenziati a secondo del recapito (fognatura, corpo idrico, suolo, uso irriguo) e della tipologia (scarichi o acque di falda, rifiuti liquidi)

IL RUOLO DELLA RICERCA: nuovi inquinanti, nuovi metodi diagnostici, tecnologie innovative per la depurazione, lo studio dei processi alla base della protezione ambientale

CONSIDERAZIONI GENERALI

Dallo spazio la Terra appare come un pianeta “blu” poichè la maggior parte della superficie è coperta dall’acqua, ma solo il 2,6 % di tale acqua è dolce (in gran parte intrappolata nei ghiacciai e negli iceberg) e < 1% è direttamente accessibile nei laghi, fiumi e nel sottosuolo

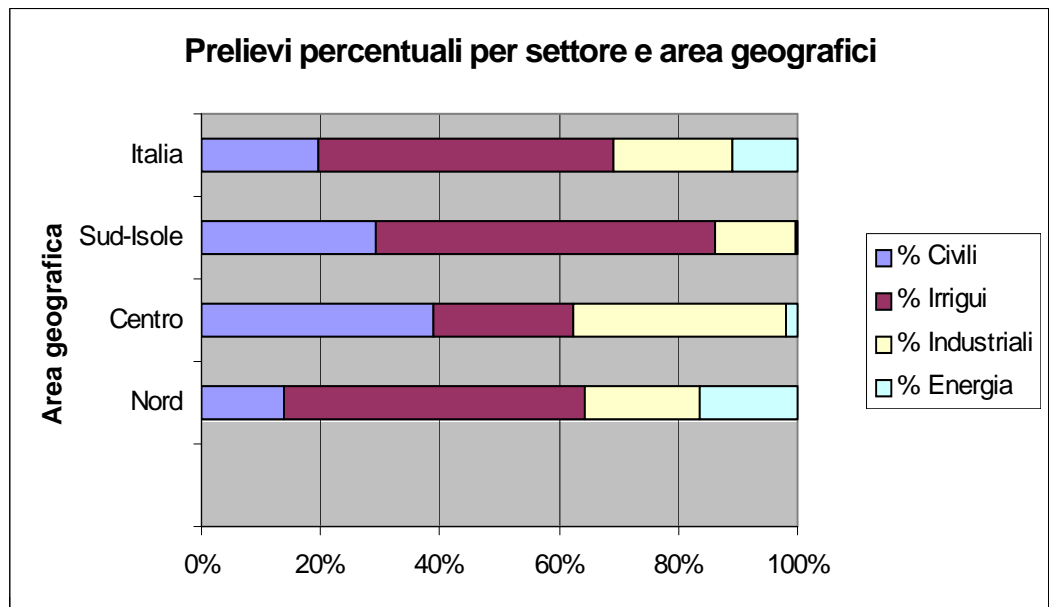
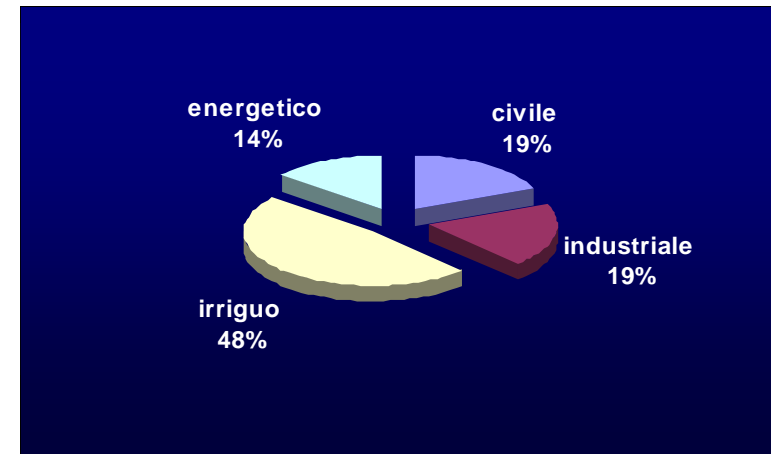
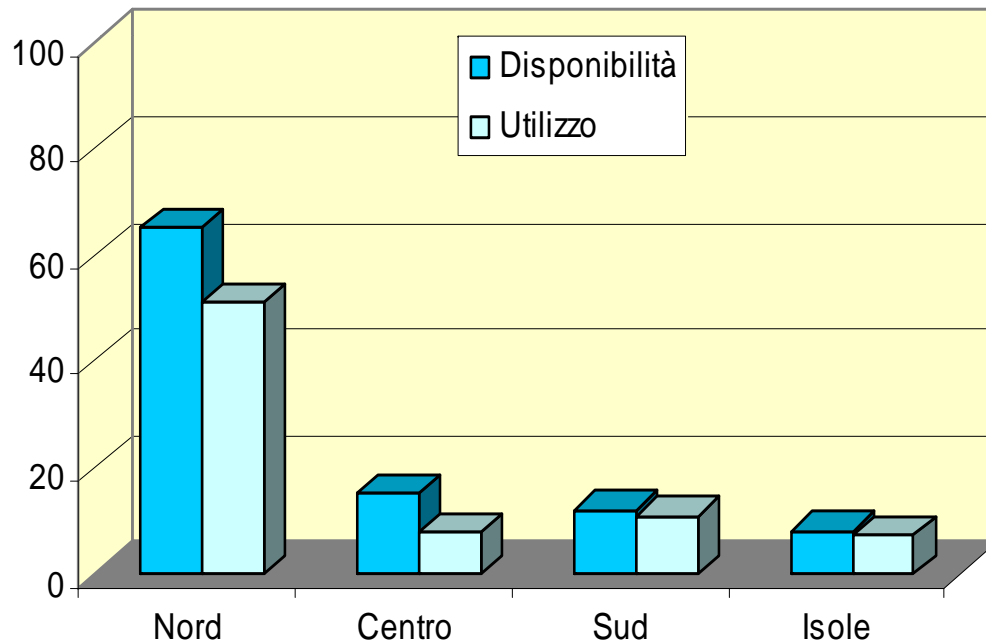


Un insieme di fattori geografici, ambientali, economici e l’aumento dell’inquinamento fa sì che meno di un terzo dell’acqua dolce potenzialmente disponibile nel mondo possa essere usata per le necessità dell’uomo



UTILIZZI DELL'ACQUA IN ITALIA

Disponibilità complessiva reale, stimata tenendo conto delle acque accumulate nel sottosuolo e negli invasi artificiali, **51 miliardi di m³/anno**





ACQUA E SVILUPPO I PROBLEMI AMBIENTALI

Molteplici sono i fenomeni e le modalità di contaminazione:

- ⇒ scarichi idrici (civili, industriali, termici);
- ⇒ smaltimento incontrollato di rifiuti o rilascio di inquinanti da siti di smaltimento;
- ⇒ contaminazione di falde e acque superficiali da sversamenti accidentali e/o dolosi;
- ⇒ usi intensivi del territorio a fini irriguo, abitativo etc;
- ⇒ deposizioni atmosferiche.



Agli usi impropri della risorsa ed al suo depauperamento per i vari fenomeni di contaminazione su scala locale si sommano gli effetti dei global changes, in grado di modificare la disponibilità e le caratteristiche della risorsa.



DIRETTIVA QUADRO SULLE ACQUE (2000/60/CE)

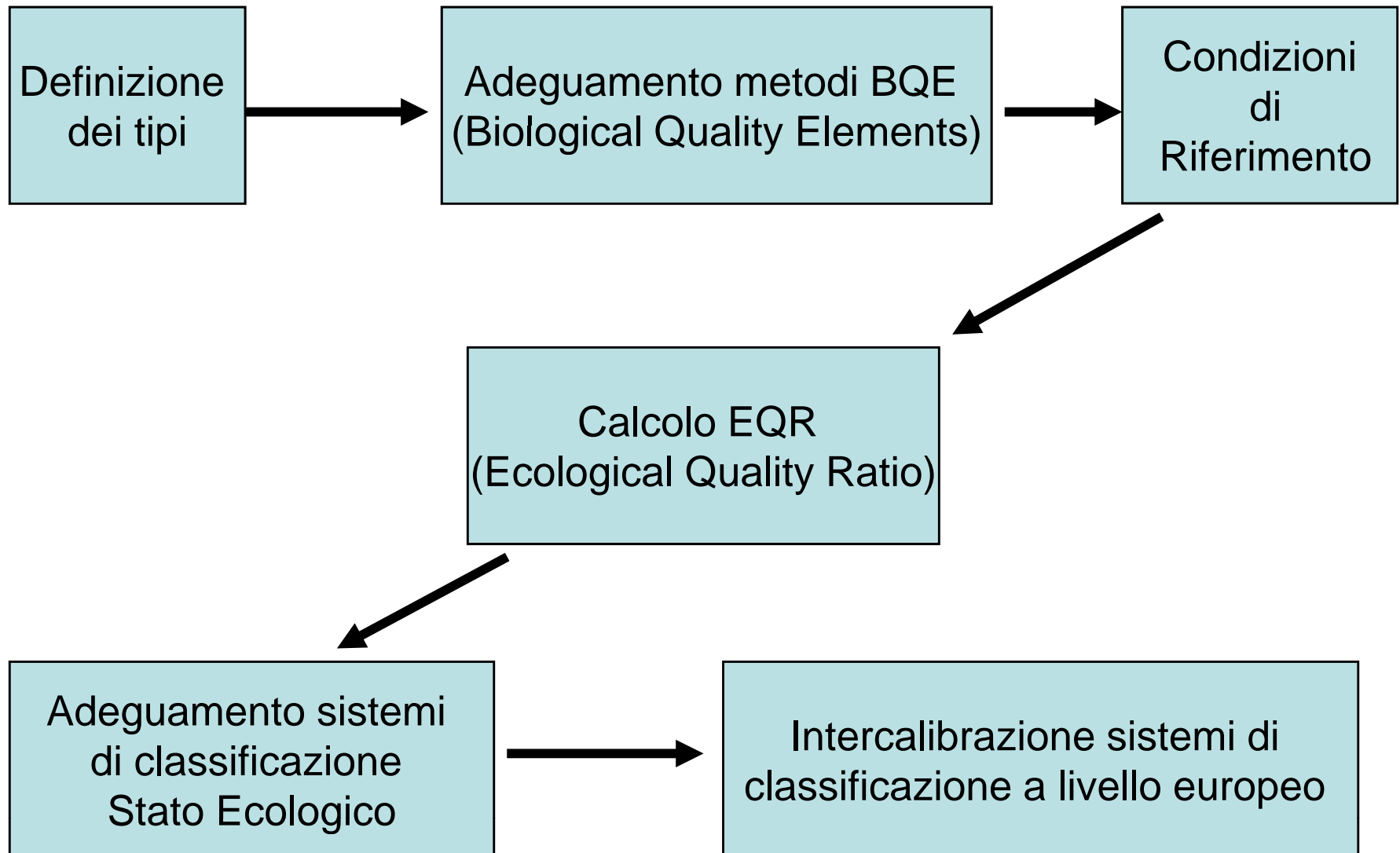
L'acqua è indispensabile per la vita, la salute umana, la conservazione della biodiversità e lo sviluppo socioeconomico, **non è un prodotto commerciale** al pari degli altri bensì un patrimonio da valorizzare.

Gli Stati membri devono:

- proteggere e migliorare lo stato dei corpi idrici superficiali e sotterranei e contribuire a mitigare gli effetti delle inondazioni e delle siccità.
- sostenere un utilizzo idrico basato sulla protezione a lungo termine delle risorse idriche, fondato sui principi di precauzione e azione preventiva, riduzione alla fonte dei danni causati all'ambiente, chi inquina paga;
- fare ricorso ad un approccio combinato che unisca limiti alle emissioni e standard di qualità ambientali;
- consentire il raggiungimento di un livello di buono stato ecologico dei corpi idrici superficiali entro il 2015;
- ridurre gradualmente gli scarichi di sostanze pericolose e portare a zero le emissioni di sostanze pericolose prioritarie entro il 2020.

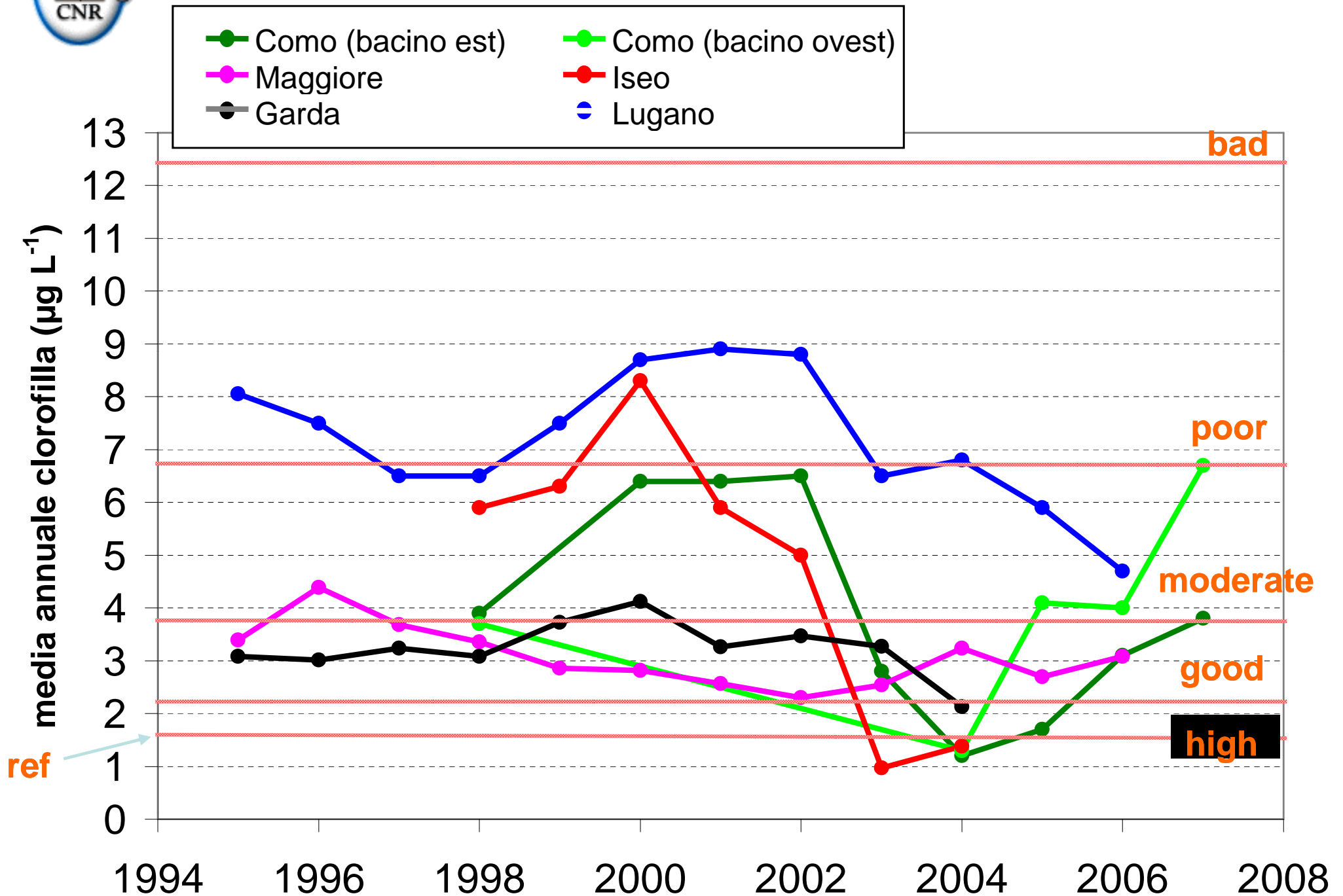


LA COMPLESSITA' DELL'IMPIANTO NORMATIVO (2000/60/CE)



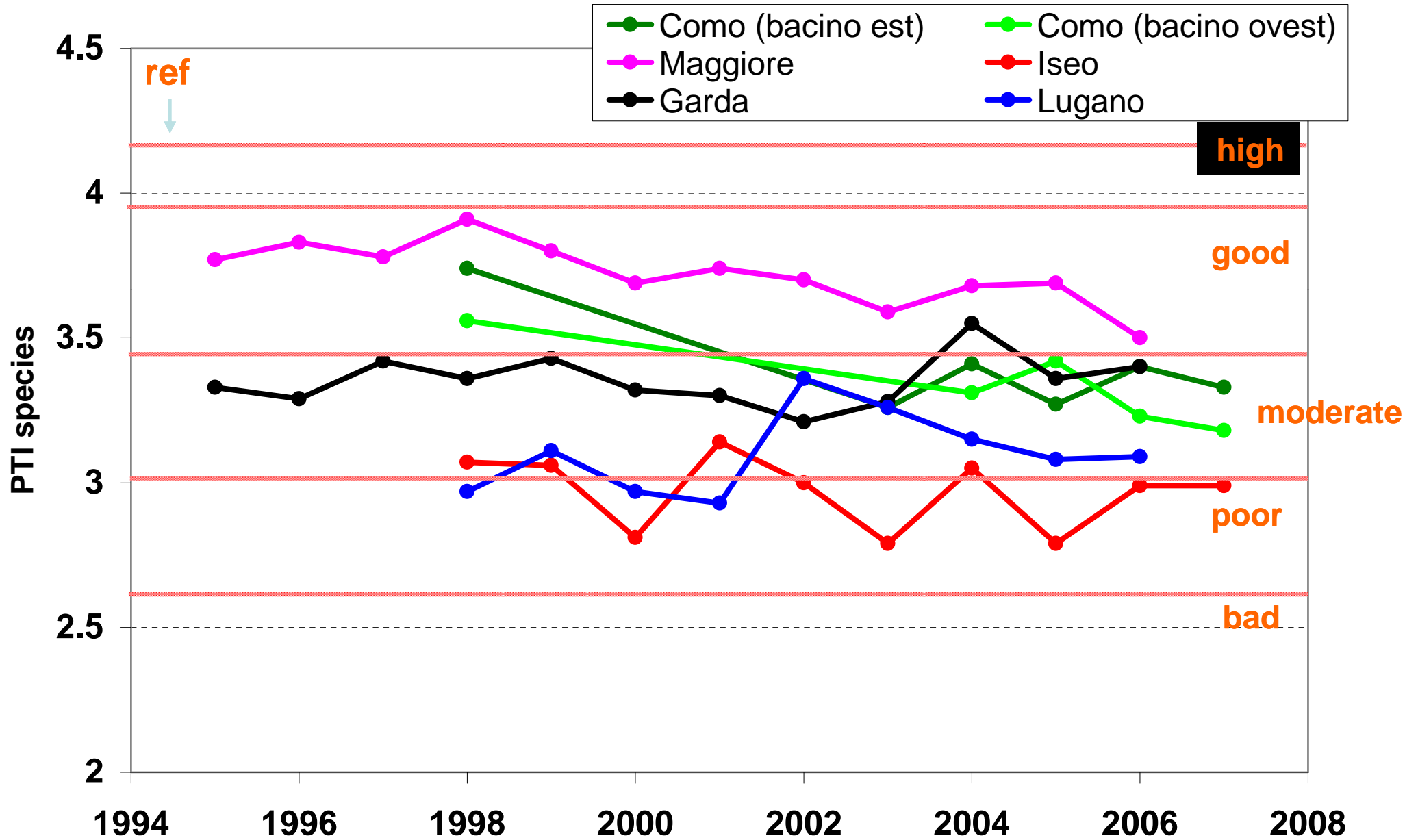


Trend clorofilla e confronto con i limiti WFD





Phytoplankton Trophic Index species e confronto con i limiti WFD





DIRETTIVA QUADRO PER L'AMBIENTE MARINO (2008/56/CE)

La direttiva definisce le regioni e sottoregioni marine sulla base di criteri geografici ed ambientali e richiede una valutazione iniziale sulla base delle caratteristiche fisico-chimiche, dei tipi di habitat, delle caratteristiche biologiche e dell'idromorfologia, di pressioni e impatti principali (entro il 2012).

Gli Stati membri adottano le misure necessarie per conseguire un buono stato ecologico entro il 2020, tenendo conto di una serie di descrittori qualitativi:

*il mantenimento della **biodiversità**, il controllo delle **specie non indigene**, una buona salute degli **stock di pesci e molluschi** sfruttati a fini commerciali, la **riduzione dell'eutrofizzazione** e degli effetti indotti, il mantenimento dell'**integrità dei fondali**, il controllo degli **inquinanti** nelle acque e nel biota, l'assenza di modifiche permanenti delle condizioni idrografiche, il controllo di fonti sonore sottomarine e altre forme di energia*





DIRETTIVA SULLE ACQUE SOTTERRANEE (2006/118/CE)

E' richiesto a ciascun stato membro di:

- identificare e caratterizzare i corpi idrici sotterranei a rischio e non a rischio;
- stabilire i valori soglia per tutti gli inquinanti e gli indicatori di inquinamento che mettono a rischio il raggiungimento del buono stato chimico delle acque sotterranee, tenendo conto anche delle interazioni con le acque di superficie;
- individuare le tendenze significative e durature all'aumento delle concentrazioni di inquinanti in tutti i corpi idrici sotterranei caratterizzati a rischio;
- definire i metodi e i criteri di riferimento per stabilire tali valori e tali tendenze ai fini di definire lo stato quali/quantitativo della risorsa acque sotterranee.



GLI ECOSISTEMI E LE ACQUE SOTTERRANEE

- Tansley nel 1935 definiva ecosistema o sistema ecologico l'insieme delle interazioni tra specie animali, vegetali ed ambiente fisico in uno spazio definito. Con il tempo il concetto di ecosistema ha assunto un maggior significato funzionale, includendo il flusso di energia, di carbonio e nutrienti necessari alla vita (Odum, 1989).
- L'ambiente acquatico sotterraneo è considerato in un'ottica riduzionistica come mero container idrico, in netta contrapposizione a quanto regolamentato per le acque superficiali. Eppure le acque sotterranee costituiscono parte integrante dell'ecosistema delle acque dolci continentali (Gibert et al., 1994) e gli habitat sotterranei sono popolati da una moltitudine di invertebrati con differente grado di adattamento e specializzazione. Il ruolo funzionale della fauna stigobionte nel riciclo di materia ed energia e la dimensione ecologica delle acque sotterranee sono ampiamente riconosciuti a livello internazionale.
- E' auspicabile che le valutazioni sullo stato chimico e sullo stato quantitativo siano integrate dal danno ecologico potenziale, definito come la perdita potenziale della funzionalità ecologica.



IL CONTROLLO DEGLI INQUINANTI

La Direttiva (2008/105/CE):

- ⇒ definisce gli standard di qualità ambientale (**EQS**) per 33 inquinanti pericolosi, di cui 20 pericolosi prioritari, specifica in particolare AA-EQS e MAC-EQS;
- ⇒ elenca 13 inquinanti (ad es. bisphenol A, acido perfluorooctansolfonico, musk xylene, diossine, PCB, EDTA etc.) soggetti a review per una loro possibile inclusione nell'elenco delle sostanze pericolose o pericolose prioritarie;
- ⇒ stabilisce emissioni a zero per sostanze pericolose prioritarie nel 2020.

Il Regolamento REACH (Registration Evaluation Authorizathion CHemicals) in vigore dal 1 giugno 2007 istituisce un nuovo quadro normativo per l'immissione in commercio di tutte le sostanze prodotte od importate in Europa in quantità > 10 ton/anno e richiede una valutazione di rischio per quelle più pericolose (CMR, PBT, vPvB). E' istituita un'Agenzia europea per le sostanze chimiche (ECHA) con compiti tecnico-scientifici e di coordinamento. I PBT e i vPvB possono essere autorizzati soltanto se i vantaggi socioeconomici prevalgono sui rischi e non esistono sostituti.

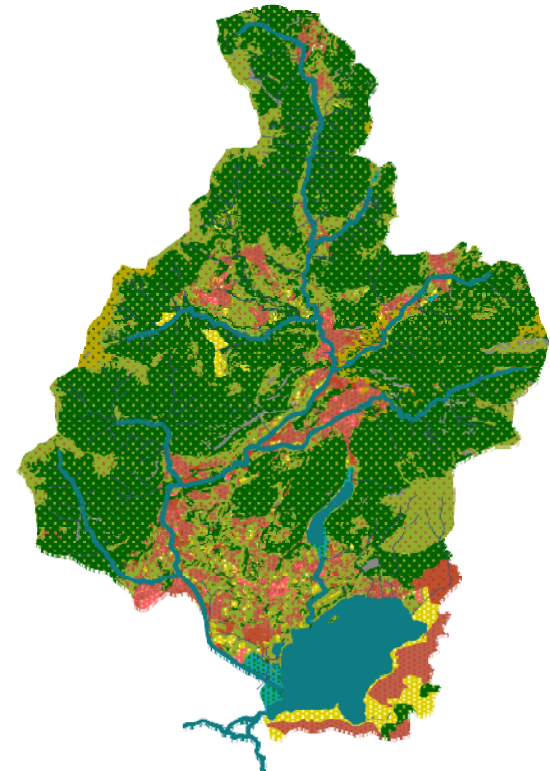
Per alcune sostanze si sta facendo strada il ricorso ai cut-off criteria, non più procedure di valutazione del rischio bensì pericolosità intrinseca.



CRITICITA' DELLE DIRETTIVE EU

- **risorse culturali**: la WFD ha introdotto una nuova visione degli ecosistemi acquatici imperniata sulla valutazione della qualità come stato ecologico, che implica un approccio integrato a scala di bacino o di distretto idrografico
- **risorse umane**: l'impegno culturale ha un riflesso diretto sulle risorse umane per la necessità della diversificazione delle competenze, che pongono al centro in modo paradigmatico la cultura ecologica e a corollario le competenze fisiche e chimiche
- **risorse finanziarie**: il raggiungimento degli obiettivi di qualità richiede una disponibilità di risorse non solo in termini gestionali, ma anche in termini di formazione, organizzazione ed implementazione delle strutture nazionali e territoriali di valutazione e controllo.

L'insieme complessivo di queste azioni si sintetizza nella predisposizione del piano di gestione a scala di bacino, che include una più completa conoscenza del territorio per adeguare le azioni di monitoraggio alle reali pressioni che agiscono sullo stato dell'ecosistema





CRITICITA' APPLICATIVE E SCIENTIFICHE

Criticità applicative

- ⇒ Ritardo nell'implementazione della WFD in Italia: poco tempo a disposizione per il trasferimento dei risultati della ricerca e difficoltà di verifica e validazione.
- ⇒ Indisponibilità di adeguate banche dati nazionali e forte disomogeneità nelle diverse Regioni, difficoltà nel selezionare indicatori utili su larga scala.
- ⇒ La considerazione dei diversi BQE richiede un impegno in campo e in laboratorio notevole.
- ⇒ Ridefinizione di reti di monitoraggio per i Piani di Gestione funzionali ai diversi tipi di monitoraggio (operativo, sorveglianza).

Criticità scientifiche

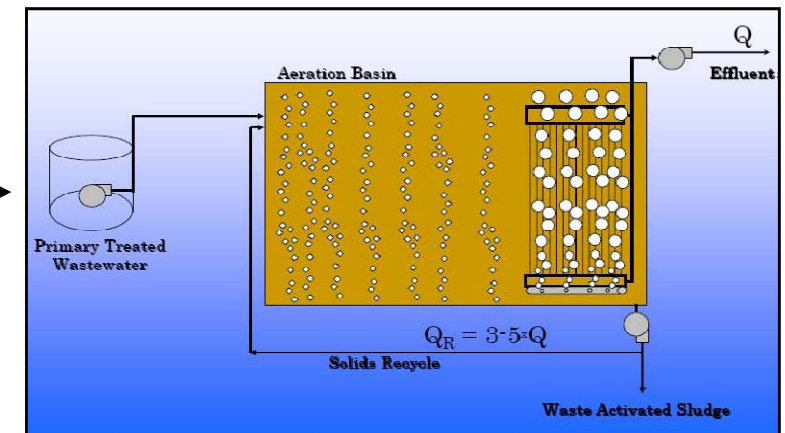
- ⇒ Approccio “*one out all out*” è penalizzante e non automaticamente protettivo per la caratterizzazione degli ecosistemi acquatici, l'integrazione delle variabili caratteristiche del singolo **Biological Quality Element (BQE)** e poi dei vari **BQE** è ancora oggetto di discussione.
- ⇒ Fiumi mediterranei: l'impianto della WFD non evidenzia in modo esplicito situazioni ad elevata variabilità temporale (ambientale e biologica), come per i fiumi temporanei (il progetto MIRAGE nel VII PQ).
- ⇒ Il problema della definizione degli EQS.

GLI SCARICHI E IL CONTROLLO DELLE EMISSIONI

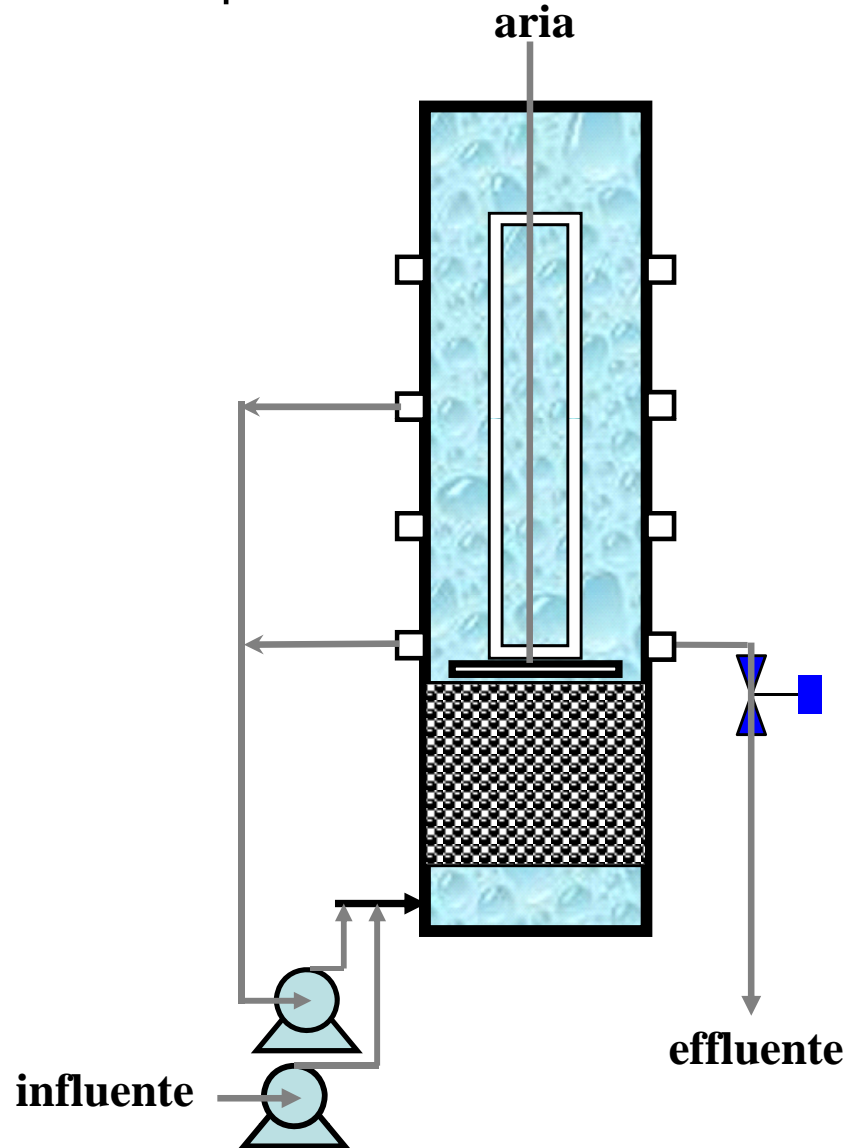
Impianto a fanghi attivi: bassa densità di biomassa e elevati volumi di trattamento; bacino di aerazione poco profondi e conseguente aumento dell'area superficiale; bassa velocità di sedimentazione e considerevoli dimensioni dei sedimentatori, elevata produzione di fanghi

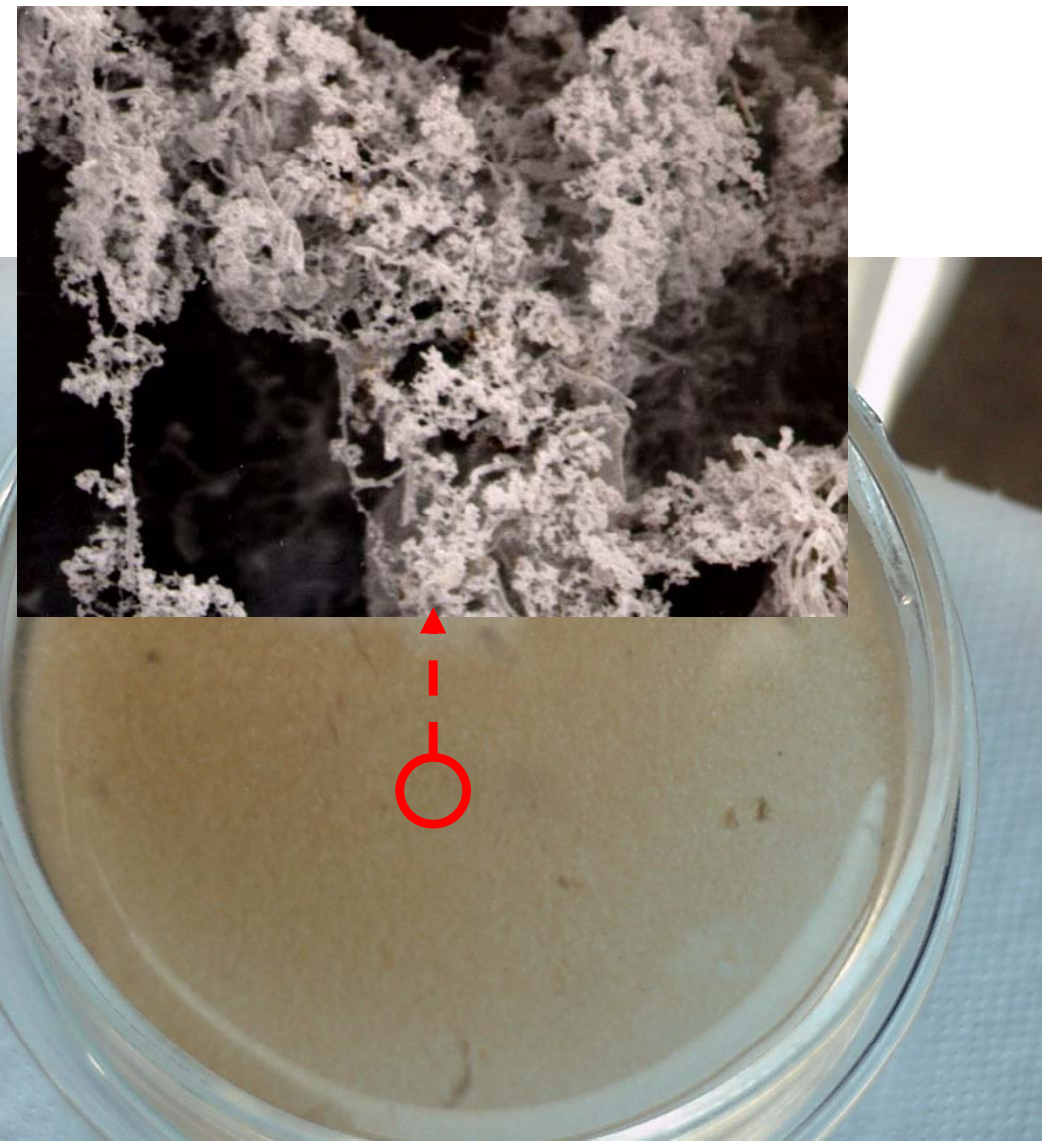
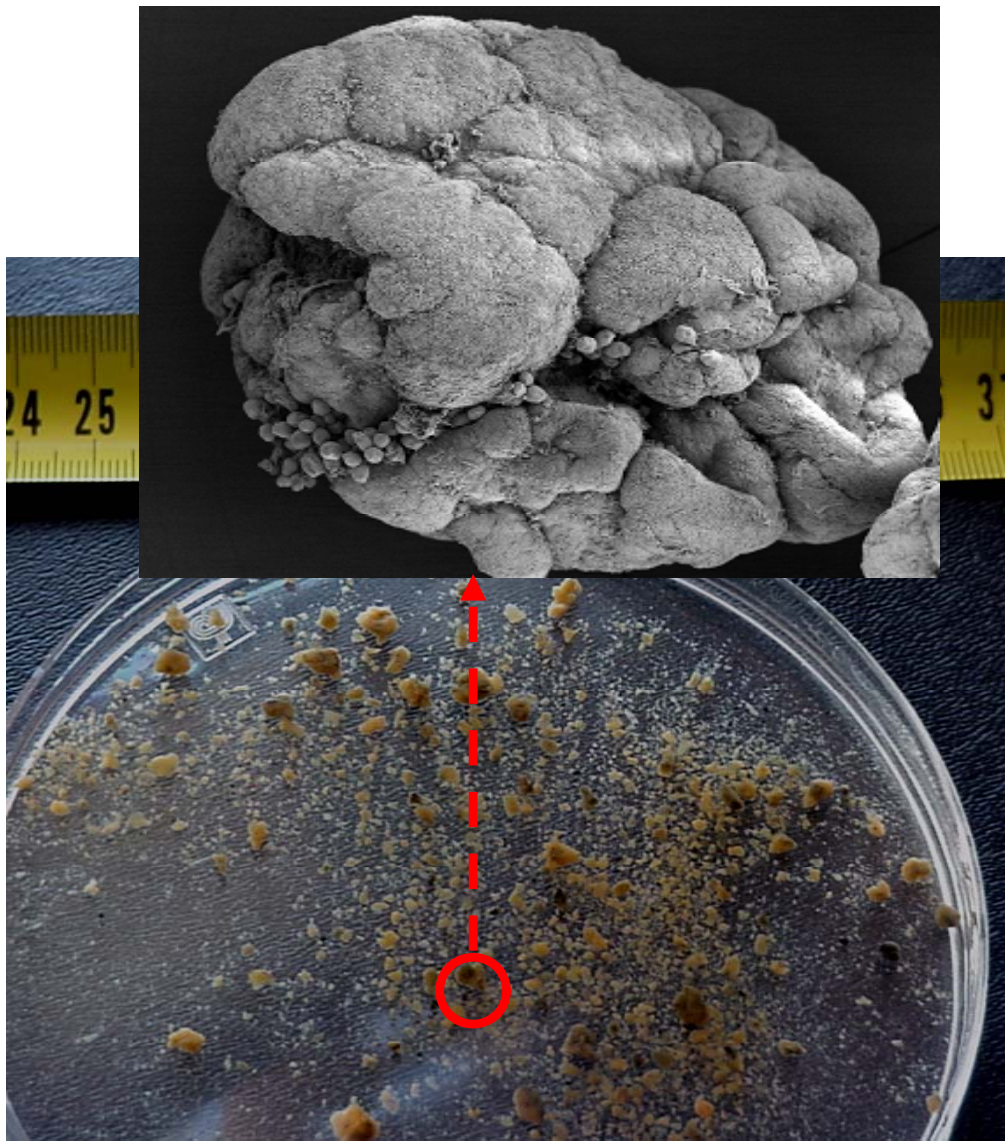


Reattori a membrana: elevate concentrazioni di biomassa nel reattore, non necessitano del sedimentatore secondario, bassa produzione di fango biologico, elevate caratteristiche di qualità dell'effluente (specialmente per i SS e i patogeni), stabilità delle prestazioni che non risentono delle caratteristiche di sedimentabilità del fango e del dilavamento dello stesso in seguito ad aumento del carico idraulico



Nuovi sviluppi: reattori a biomassa granulare (*Sequential biofilm batch granular reactor - SBBGR*): consentono una elevata concentrazione di biomassa nel reattore, elevati tempi di residenza e bassa produzione di fanghi, ideali per carichi elevati.





Granular biomass

La struttura in granuli consente elevate densità di biomassa e ottima sedimentabilità

Activated sludge



IL RUOLO DELLA RICERCA

Nuove tecnologie e rischio di nuovi problemi

Inquinanti emergenti

Metodologie diagnostiche innovative

Lo studio dei processi per gestire i fenomeni di
Inquinamento

Nuove tecnologie di trattamento per nuove problematiche, per ridurre il volume di fanghi, per recuperare risorse e semplificare l'applicazione (gestione, costi)

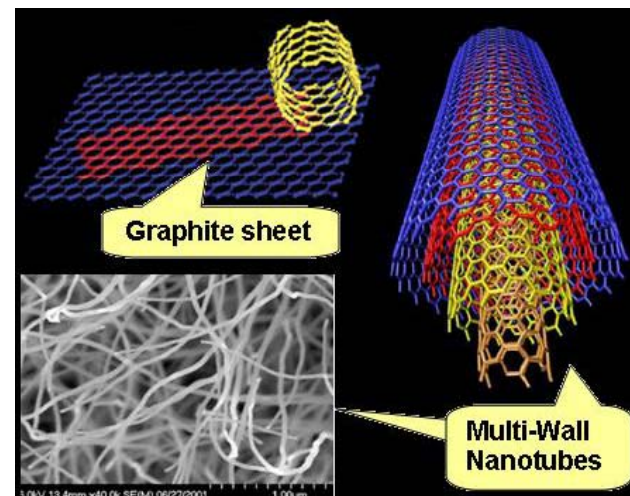
INTERAZIONI NANOPARTICELLE - AMBIENTE

Diversi settori industriali (cosmetico, microelettronico, catalisi, vernici e rivestimenti, combustibili etc.) utilizzano nanomateriali a base di Ag, Al-Ox, Fe-Ox, SiO₂, TiO₂, ZnO, C₆₀. Eventuali rischi sono ristretti a produzioni che utilizzano nanoparticelle (< 100 nm) in forma libera piuttosto che “embedded”.

Le nanoparticelle sono potenzialmente in grado di penetrare nelle cellule umane più facilmente delle microparticelle 1 – 10 μm, a seguito ad es. del rilascio in atmosfera da additivi usati nei combustibili o in prodotti aerosol indoors, o dal rilascio da materiali vari usurati;

Le nanoparticelle possono interagire direttamente con gli organismi dando luogo a effetti tossici e fenomeni di accumulo (sta affermandosi la Nano-ecotossicologia). Esercitano anche effetti indiretti influenzando la dinamica dei colloidali e i fenomeni di adsorbimento e trasporto in mezzi porosi.

Nanotubi di carbonio 2 nanometri





INQUINANTI EMERGENTI (EP)

- **Endocrine Disrupting Chemicals (EDC):** diverse centinaia di prodotti sono già stati considerati come potenziali modificatori endocrini.
- **Sostanze farmaceutiche e per la cura della persona:** antibiotici, analgesici, antinfiammatori, antisettici, psicofarmaci, agenti anti UV, droghe. Molti si sono dimostrati persistenti, in grado di bioaccumularsi e di esercitare danni agli ecosistemi e alla specie acquatiche.
- **Composti perfluorurati (PFC_s)** ampiamente usati nei fluoropolimeri ed elastomeri utilizzati in prodotti industriali e di consumo (metal plating, schiume fire-fighting, tessuti, materiali d'imballaggio e prodotti di pulizia). A livello europeo la vendita e l'uso di PFOS è soggetta a restrizioni dal giugno 2007.
- **Additivi industriali nelle benzine, Ritardanti di fiamma, Pesticidi di nuova generazione**



ELEMENTI DEL GRUPPO DEL PLATINO (PGE)

- A seguito dell'introduzione delle marmitte catalitiche che contengono platino o palladio e rodio sono emessi come particolato in forma di metallo o ossido a tassi di centinaia di ng per km per veicolo; altre fonti di emissione sono relative a: leghe dentali, elettronica, medicinali anticancerogeni e catalizzatori utilizzati in varie applicazioni industriali.
- PGE si ritrovano in microparticelle in atmosfera, nell'ambiente urbano e nei sedimenti di fiumi. Le forme metalliche sono relativamente inerti, mentre le forme solubilizzate esercitano effetti tossici marcati.
- Evidenze sperimentali suggeriscono una parziale mobilizzazione dei PGE nel sedimento in presenza di organismi (quali ad es. policheti etc) e successiva parziale assimilazione della frazione solubilizzata con possibilità di accumulo da parte di organismi di acqua dolce.

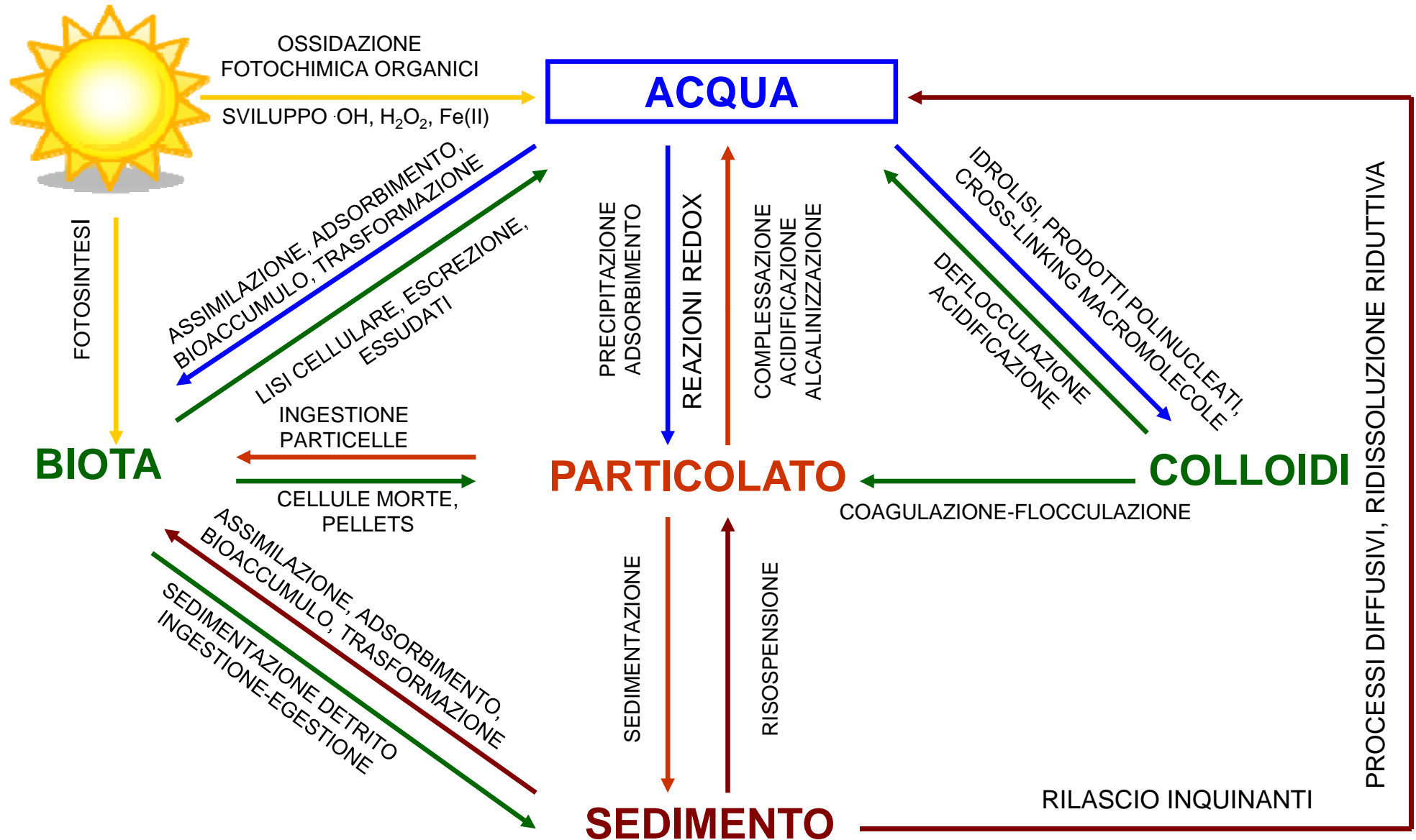
Le conoscenze sulle modalità di circolazione e sul destino di questi inquinanti debbono essere ulteriormente sviluppate.



SETTORI DI INDAGINE DA PRIVILEGIARE

- Sviluppo dei metodi analitici (microinquinanti, elementi di qualità biologica)
- Discipline emergenti: tossicogenomica e tossicoproteomica di vertebrati acquatici; nanoecotossicologia; metagenomica di comunità microbiche
- Metodologie diagnostiche innovative (uso di metodi biomolecolari per la determinazione rapida di microrganismi patogeni).
- Analisi e modellazione delle interazioni tra i diversi processi idrologici (evapotraspirazione, ricarica delle falde, flusso nel mezzo saturo, interazione acque superficiali/acque sotterranee, etc.) su diverse scale spazio-temporali
- Sviluppo di modelli (idrologici, ecologici) e strumenti di decisione finalizzati alla gestione sostenibile delle risorse idriche.

LO STUDIO DEI PROCESSI





NUOVE TECNOLOGIE NEL TRATTAMENTO DELLE ACQUE

- Conseguire elevati obiettivi di qualità (in particolare per gli inquinanti pericolosi prioritari) dei corpi idrici recettori e degli acquiferi contaminati (processi avanzati di ossidazione, uso di membrane, processi integrati di ossidazione e filtrazione, uso di resine, etc.)
- Abbattimento di microrganismi patogeni emergenti (uso di membrane, uso di raggi UV)
- Studio della complessità microbica delle biomasse (trattamento biologico degli scarichi, biorisanamento di falde acquifere contaminate)
- Ottimizzazione dei processi anche ai fini della riduzione della produzione di fanghi e del recupero di risorse
- Contenimento dei costi e semplificazione della gestione degli impianti